మన నాయకులకి కాసింత భౌతిక శాస్త్రం

(Essential Physics for our Policy Makers)

వేమూరి వేంకటేశ్వరరావు

విషయ సూచిక

కాసింత కలాపోసన, కాసింత భౌతిక శాస్త్రం

"కాసింత కలాపోసన లేకపోయిన తరువాత మడిసికి గొడ్డుకి ఏంటి తేడా?" అన్నట్లే కాసింత శాస్త్రీయ పరిజ్ఞానం లేకపోయిన తరువాత మడిసికీ గొడ్డుకీ ఏంటి తేడా?

ప్రపంచంలో నాలుగు మూలలా జరుగుతున్న విశేషాలని ప్రజలకి అందించే పత్రికా విలేకరులకి శాస్త్రంతో మౌలికమైన పరిచయం అత్యవసరం. చట్టాలు నిర్మించే శాసన సభలలో నాయకత్వం వహించే వారికి, వ్యాపార రంగాలలో ఇతర దేశాలతో మంతనాలు జరిపే వారికీ సైన్సులో ప్రతిభ లేకపోయినా, సైన్సు యొక్క పర్యవసానం అర్థం అవవలసిన అవసరం ఎంతైనా ఉంది. ఇక్కడ నేను చెయ్యబోయే ప్రయత్నం అదే. చదవండి. చదివినది సమగ్రంగా అర్థం కాకపోయినా సూత్రప్రాయంగా అర్థం అయితే చాలు.

అసలు భౌతిక శాస్త్రం అంటే ఏమిటి? పదార్థము (మేటర్), శక్తి (ఎనర్జీ) అనే రెండింటి మధ్య ఉండే సంబంధ బాంధవ్యాలని అధ్యయనం చేసేదే భౌతిక శాస్త్రం. శక్తి యొక్క నిజ స్వరూపాన్ని అర్థం చేసుకుందికి చేసే ప్రయత్నమే భౌతిక శాస్త్రం. ఈ శక్తి మనకి అనేక రూపాల్లో అభివ్యక్తమవుతూ ఉంటుంది. ఇది చలన రూపంలోను, వేడి రూపంలోను, వెలుగు రూపంలోను, విద్యుత్ రూపం లోను, వికిరణం రూపంలోను, గురుత్వాకర్షణ రూపంలోను – ఇలా అనేక రూపాలలో మనకి తారసపడుతూ ఉంటుంది. ఈ శక్తికి కళ్లెం వేసి మన అవసరాలకి ఉపయోగించుకోవటానికి మనకి సైన్సుతో కనీసపు పరిచయం ఉండాలి. ఈ రకం పరిచయం విద్యార్థులకి తప్పనిసరి.

సాధారంగా సైన్సు చదవటానికి చాలమంది ఇష్టపడరు. సైన్సు అర్థం చేసుకోవటం శ్రమతో కూడిన వ్యవహారమని చాల మంది నమ్మకం. స్థూలంగా సైన్సుని రెండు శాఖలుగా విడగొట్టవచ్చు: భౌతిక ప్రపంచం (లేదా ప్రాణం లేని జడ పదార్థం) గురించి చెప్పేది ఒక శాఖ, ప్రాణంతో సంబంధం ఉన్న పదార్థాన్ని గురించి చెప్పేది రెండవ శాఖ. భౌతిక శాఖని అర్థం చేసుకోటానికి గణితం అత్యవసరం. మాటలతో వర్ణించటానికి కష్టమైన విషయాలు గణిత పరిభాషలో వర్ణించటం తేలిక. అలాగని వాక్యాలకి బదులు సమీకరణాలు రాసినంత మాత్రాన తేలికగా అర్థం అవాలని లేదు. చాలమంది "ఆల్జీబ్రా, గాండ్‌గాభరా" అని భయపడిపోయి భౌతిక శాస్త్రం, రసాయన శాస్త్రం, సాంకేతిక శాస్త్రాలు చదవటం మానేసి ఏదో "తేలికైన" అంశాలు ఎంపిక

చేసుకుని చదువు అయిందనిపిస్తారు. భౌతిక శాస్త్రంలో ప్రావీణ్యం సంపాదించలేకపోయినా కొన్ని విషయాల గురించి మౌలిక మైన అవగాహన ఉంటే జీవితంలో ఒక విధమైన సంతృప్తి ఉంటుందని నా నమ్మకం.

ఈ వెలితిని పూడ్చటానికి మన దైనందిన జీవితాలలో తారసపడే కొన్ని విషయాలని తీసుకుని, వాటి వెనక ఉన్న భౌతిక శాస్త్రపు కిటుకులని, తేలిక భాషలో, గణిత సమీకరణాల బెడద లేకుండా, విడమర్చి చెప్పాలనే ఆశతో రాసిన చిన్న చిన్న వ్యాసాలు ఇవి. ప్రతి వ్యాసం రెండు లేదా మూడు పుటలకి మించకూడదనే గమ్యంతో మొదలు పెట్టేను. అప్పుడప్పుడు ఒక పేజీ మాత్రమే ఉన్నా ఉండొచ్చు, నాలుగైదు పేజీల వరకు సాగవచ్చు. కావ్యాలు, ఖండకావ్యాలు, నవలలు, కథలు, కథానికలు, గల్పికలు, కార్డు కథలు ఉన్నట్లే సైన్సులో కూడ పొడుగాటి విజ్ఞానసర్వస్వాలు, పాఠ్య పుస్తకాలు, పరిశోధక వ్యాసాలు, జనరంజక వ్యాసాలు, చిట్టిపొట్టి వ్యాసాలు రాయవచ్చు. చిన్న విషయం తీసుకుని, దానిని ఒక కోణం నుండి పరీక్షించి, క్లుప్తంగా, చిన్న కార్డు కథలా చెప్పటమే ఈ వ్యాసాల ఉద్దేశం. చిన్నవి కనుక మీకు విసుగు పుట్టే లోగా ఆ అంశం చదవటం అయిపోతుంది. ఈ వ్యాసాలు ఒక వరుస క్రమంలో చదవాలని లేదు కాని, సంబంధిత వ్యాసాలని దగ్గర దగ్గరగా అమర్చేను.

గతంలో ఆంధ్రప్రభ ఆదివారం సంచికలోనూ, చైతన్యం అంతర్జాల పత్రికలోనూ (http://chaitanyam.net/), సిరిమల్లె అంతర్జాల పత్రికలోనూ (http://sirimalle.com), ఈమాట అంతర్జాల పత్రికలోనూ (https://eemaata.com/) ప్రచురించిన ఈ వ్యాసాలని కాసింత పరిష్కరించి ఇక్కడ పొందుపరచేను.

వేమూరి వేంకటేశ్వరరావు
ప్లెజన్‌టన్, కేలిఫోర్నియా
2020

1. కస్సాండ్రా కథ

కస్సాండ్రా (Cassandra) గ్రీసు దేశపు పురాణ గాథలలో వచ్చే ట్రోయ్ నగరపు రాకుమారి. ఈ ఉదంతం ట్రోయ్ సంగ్రామం జరగడానికి ముందు జరిగిన కథ. కస్సాండ్రా ట్రోయ్ నగరాన్ని పాలిస్తున్న రాజు ప్రియం కీ రాణి హెకూబాకీ పుట్టిన కవల పిల్లలలో ఆడ పిల్ల; ఈమె కవల అన్నదమ్ముడు హెలినస్. నల్లటి కురులు, కలువ రేకుల లాంటి కళ్ళతో ఎంతో అందంగా ఉండేదని పేరు!

అందమైన అమ్మాయిల కోసం అదే పనిగా వేటలో ఉన్న గ్రీకు దేవత అప్పాలో దృష్టి కస్సాండ్రా మీద పడింది. ప్రేమలో పడ్డాడు. వెంట పడ్డాడు. ప్రేమలో పడ్డ దేవతలని నిరాకరించే మనుష్యులు ఉంటారా?; కానీ అదేమి విడ్డూరమో అప్పాలో అవస్థని చూసి కస్సాండ్రా నవ్వుకుంది; అతని ప్రేమని నిరాకరించింది.

కస్సాండ్రా మనస్సుని ఎలాగో ఒక లాగ గెలవాలనే తపనతో ఆమెకి అపూర్వమైన కానుకని ఇవ్వడానికి ప్రయత్నించేడు అప్పాలో. అన్నీ ఉన్న రాకుమారికి తను కొత్తగా ఏమి ఇవ్వగలడు? ఆమెకి అందం ఉంది. ఐశ్వర్యం ఉంది. కాని ఆమెకి లేనిది, తన దగ్గర ఉన్నది ఒకటి ఉంది. అది దివ్యదృష్టి – అనగా, భవిష్యత్తులోకి చూడగలిగే శక్తి. ఇంత ఆసక్తికరమైన ప్రేమ బహుమానం ఎదురైనప్పుడు కస్సాండ్రా కాదనలేకపోయింది. ప్రతిఫలం మీద ఆశతో అప్పాలోతో "వీపు గోకుడు బేరానికి" కస్సాండ్రా ఒప్పుకుంది. తన వంతుగా అప్పాలో దివ్యదృష్టి ఇచ్చే మంత్రాన్ని కస్సాండ్రాకి ఉపదేశించేడు. మంత్రం నేర్చుకున్న తరువాత అప్పాలోకి ముట్టవలసిన "పారితోషికం" ఇవ్వకుండా ఎగ్గొట్టింది; మీదకి ఎగబడుతున్న అప్పాలోని కస్సాండ్రా నిరాకరించింది.

ఆత్మాభిమానం దెబ్బ తిన్న అప్పాలో ఉగ్రుడయాడు. తను కస్సాండ్రాకి నేర్పిన మంత్రాన్ని తిరిగి వెనక్కి తీసుకోలేడు! తను చెయ్యగలిగిందల్లా ఆ మంత్రం వల్ల కస్సాండ్రాకి లాభం లేకుండా చెయ్యడం. అందుకని "నువ్వు దివ్యదృష్టితో చూసి చెప్పగలిగే జోశ్యాన్ని ఎవ్వరూ నమ్మరు" అని శపించేడు. చెయ్యగలిగేది ఏమీ లేక కస్సాండ్రా తను నేర్చుకున్న దివ్యదృష్టి మంత్రాన్ని తన కవల అన్నదమ్ముడు హెలినస్ కి ఉపదేశించింది. (మన పురాణాలలో కచ–దేవయాని కథ ఇలాగే నడుస్తుంది!)

కస్సాండ్రా ఎప్పుడు జోశ్యం చెప్పినా ఎవ్వరూ నమ్మేవారు కాదు. అదే విషయాన్ని హెలినస్ చెబితే నమ్మేవారు! ఒక సారి కస్సాండ్రా తన దివ్యదృష్టితో చూసి తన అన్నదమ్ముడు పేరిస్ స్పార్టా రాణీ హెలెన్ ని దొంగిలించి

వివాహం చేసుకుని ట్రోయ్ కి తీసుకు వస్తాడనిన్నీ, ఆ సంఘటన ట్రోయ్ నగరపు విధ్వంసానికి కారణభూతం అవుతుందనిన్నీ చెప్పి, పేరిస్ ని స్పార్టా వెళ్ళవద్దని బ్రతిమాలుతుంది. ఎవ్వరూ వినిపించుకోరు. ట్రోయ్ నగరం మీదకి దండెత్తి వచ్చే గ్రీసు దేశపు సేనాధిపతి అగమేమ్నాన్ యుద్ధంలో చనిపోతాడని జోశ్యం చెబుతుంది. ఎవ్వరూ పట్టించుకోరు. తను కూడా ఆ యుద్ధంలో చచ్చిపోతానని చెబుతుంది. అంతా "పిచ్చి వాగుడు" అని పెడచెవిని పెడతారు. చిట్టచివరికి గ్రీకులు రణరంగంలో వదలిపెట్టి వెళ్లిన కర్ర గుర్రం ప్రమాదానికి దారి తీస్తుందనిన్ని, దానిని నగరం లోపలికి తీసుకురావద్దనిన్నీ కస్సాండ్రా హెచ్చరిస్తే ఎవ్వరూ వినిపించుకోరు.

తరువాత గ్రీకు సైనికులు ట్రోయ్ నగరాన్ని విధ్వంసం చేసి వెళ్ళిపోతారు!

ఈ కథ చెప్పి ప్రఖ్యాత భౌతిక శాస్త్రవేత్త కారల్ సేగన్ (Carl Sagan) ఈ విధంగా వ్యాఖ్యానిస్తారు. "ఈ రోజుల్లో అయితే కస్సాండ్రా లాంటి వ్యక్తిని "శకున పక్షి" అని గేలి చేసి ఉండేవారు. మనకి అవగాహనలో లేని ఏదైనా శక్తివంతమైన ప్రభావం వల్ల మనకి ఏదో కీడు కలగబోతొందని జోశ్యం చెప్పేమనుకొండి. ఉదాహరణకి "పర్యావరణం వెచ్చబడడం వల్ల పల్లపు ప్రాంతాలు ముంపుకి గురవుతాయి" అని ఒక శాస్త్రవేత్త జోశ్యం చెప్పేడనుకొండి. మనకి వెంటనే నమ్మబుద్ధి కాదు. రాబోయే ప్రమాదం నుండి తప్పించుకుందికి కానీ, ఆ ప్రమాదం వల్ల కలిగే హానిని తగ్గించడానికి కానీ వ్యయ ప్రయాసలు, కాలయాపన కావచ్చు. మన నాయకులకి రాబోయే ఎన్నికల మీద ఉన్న దృష్టి ఎప్పుడో పాతిక సంవత్సరాల తరువాత రాబోయే ముంపు మీద ఉండదు. ఇటువంటి సందర్భాలలో శాస్త్రవేత్తలు చెప్పే జోశ్యానికి కస్సాండ్రా చెప్పిన జోశ్యానికి పట్టిన గతే పడుతుంది.

ఆధారం:

Carl Sagan, Croesus and Cassandra, Chapter 9 in *Billions & Billions*, Random House, New York, NY 1997.

2. క్రీసస్ ఉదంతం

గ్రీకు దేవతలలో అప్పాలో ఒకడు. అతనికి వచ్చిన అనేక విద్యలలో దివ్యదృష్టి ఒకటి; అతను భవిష్యత్తులోకి చూసి ఏమి జరగబోతోందో చెప్పగల సమర్ధుడు. గ్రీకు దేవతలలో చాలమందికి ఈ రకం "దివ్యదృష్టి" ఉంది కానీ ఒక్క అప్పాలో మాత్రమే ఈ విద్యని మానవులతో పంచుకోడానికి సుముఖత చూపేవాడు. ఇందుకని అప్పాలో అనేక "మఠాలు" స్థాపించి, ప్రతి మఠం లోనూ "ఓరకిల్" (Oracle) అనే ఒక "దివ్యవాణి"ని ప్రతిష్ఠ చేసేడు. ఓరకిల్ అంటే సర్వజ్ఞుడు, ద్రష్ట, ప్రవక్త అనే అర్థాలు చెప్పుకోవచ్చు. ఈ "ఓరకిల్" అనేది ఒకరి ఒంటి మీదికి ఆవహించి వారి నోట పలికే భవిష్యవాణి. మన దేశంలోనూ గణాచారుల ఒంటి మీదికి పూనకం రావడం, ఏదైనా చెప్పడం ఉన్నాయి. అప్పాలో స్థాపించిన ఇటువంటి "మఠాలు" లో డెల్ఫై (Delphi) లో ఉన్న మఠం ప్రసిద్ధి చెందినది. ఈ డెల్ఫై మఠంలో ఉన్న గణాచారిణి పేరు పిథియా (Pithea). అనేక మంది డెల్ఫైకి వచ్చి వాళ్ళకి భవిష్యత్తులో ఏమి "రాసి పెట్టి ఉందో" చెప్పమని దివ్యవాణిని అర్థించడం, దివ్యవాణి వారి కోరికని పిథియా వాక్కు ద్వారా మన్నించడం జరుగుతూనే ఉండేది.

ఇలా డెల్ఫైలో ఉన్న "ఓరకిల్" ని సంప్రదించడానికి వచ్చిన వారిలో సాక్షాత్తూ లిడియా దేశపు రాజు క్రీసస్ (Croesus) ఒకడు. హిరడోటస్ (సా. శ. పూ. 484 – 425) రాసిన చరిత్ర ప్రకారం లిడియా రాజ్యాన్ని క్రీసస్ 14 సంవత్సరాలు పరిపాలించేడు (సుమారు సా. శ. పూ. 595 నుండి 546 వరకు). అనగా క్రీసస్ నిజంగా చరిత్రలో ఒక వ్యక్తి. క్రీసస్ అత్యంత ధనవంతుడు. అతను ఎంత ధనవంతుడంటే ఇప్పటికీ "వాడు క్రీసస్ అంత ధనవంతుడు" అనే నానుడి పాశ్చాత్య భాషలలో ఉంది.

క్రీసస్ తనకున్న ఐశ్వర్యంతో తృప్తి పొందలేదు. ఎందుకు పుట్టిందో, ఎలా పుట్టిందో కానీ పశ్చిమ ఆసియాలో ఏకఛత్రాధిపత్యంతో అలరారుతున్న పారశీక సామ్రాజ్యం పై దండెత్తి ఆ రాజ్యాన్ని తన వశం చేసుకోవాలనే బుద్ధి అతని పుర్రెలో పుట్టింది. ఈ రోజుల్లో అమెరికా ఎలాంటిదో ఆ రోజుల్లో సైరస్ (Cyrus, the Great) చక్రవర్తి పరిపాలనలో ఉన్న పారశీక సామ్రాజ్యం అంత శక్తిమంతమైన దేశం!

బుద్ధి పుట్టడం పుట్టింది కానీ క్రీసస్ మనస్సు పీకుతోంది. యుద్ధం ముగిసే వరకు పర్యవసానం ఎలా ఉంటుందో తెలియదు కదా. అందుకని డెల్ఫైలో ఉన్న "ఓరకిల్" ని అడిగి తెలుసుకురమ్మని ప్రత్యేక ప్రతినిధిని పంపేడు.

క్రీసస్ డెల్ఫైలో ఉన్న "ఓరకిల్" ని అడిగిన ప్రశ్న: "పారశీక దేశం మీదకి క్రీసస్ దండయాత్ర జరిపితే పర్యవసానం ఎలా ఉంటుంది?"

ఈ ప్రశ్నకి సమాధానంగా పిథియా ద్వారా ఓరకిల్ ఇచ్చిన సమాధానం: "క్రీసస్ ఒక అద్భుతమైన సామ్రాజ్యాన్ని సర్వనాశనం చేస్తాడు."

"దేవుడు మన పక్షం. దండయాత్రకు సంసిద్ధం అవండి!" అని క్రీసస్ ఆజ్ఞ జారీ చేసేడు. క్రీసస్ సేనా వాహిని గట్లు తెంచుకుని పెల్లుబికి ప్రవహించిన నదిలా ఒక్కుమ్మడి పారశీక సామ్రాజ్యం మీద విరుచుకు పడింది. పారశీక చక్రవర్తి సైరస్ సైన్యం క్రీసస్ ని చిత్తు చిత్తుగా ఓడించి బందీగా తీసుకుపోయింది. చిట్టచివరికి చావు తప్పి కన్ను లొట్టపోయిన చందాన సైరస్ కొలువులో క్రీసస్ చిన్న గుమస్థా ఉద్యోగం చేస్తూ శేష జీవితం గడిపేడు.

తనని ఈ విధంగా ఓరకిల్ పచ్చి మోసం చేస్తుందని క్రీసస్ కలలో కూడా అనుకోలేదు. ఓరకిల్ ని ఊరకనే సలహా ఇమ్మని అడగలేదు. బిళ్లకుడుములులా పారితోషికం (లంచం) సమర్పించుకున్నాడు కదా! ఇంత పచ్చి మోసమా? మునుపటిలా ఇప్పుడు ఆస్తులు, అంతస్తులు లేవు. అయినా ఉన్న దాంట్లో కాసింత గోకి, చిన్న పారితోషికంతో తోటి గుమస్థాని పంపేడు – జరిగిన అన్యాయానికి కారణం ఏమిటో తెలుసుకు రమ్మని.

తాను రాసిన "హిస్టరీ" అనే గ్రంథంలో హిరడోటస్ జరిగిన అన్యాయానికి కారణం ఈ విధంగా చెబుతాడు:

"డెల్ఫైలోఉన్న ఓరకిల్ చెప్పిన జోశ్యం ప్రకారం క్రీసస్ పారశీక దేశం మీద దండయాత్ర చేస్తే ఒక మహా సామ్రాజ్యం సర్వనాశనం అయిపోవాలి. "ఆ నాశనం అయిపోబోయే సామ్రాజ్యం ఎవరిది? తనదా? శత్రువుదా?" అని అడగవలసిన కనీసపు బాధ్యత క్రీసస్ ది. అధికారంలో ఉన్న పాలకులకి సలహాదారులు సలహాలు ఇచ్చినప్పుడు "ఆ సలహా అమలు పరచితే పర్యవసానం ఎలా ఉంటుంది?" అని అడగకుండా "లేడికి లేచిందే పయనం" అన్న రీతిలో రాజ్యం ఏలితే ఇలానే ఉంటుంది. ఇది స్వయంకృతాపరాధం."

ఈ కథని చెబుతూ కారల్ సేగన్ (Carl Sagan) ఇలా వ్యాఖ్యానిస్తారు: "ప్రచ్ఛన్న అర్థ సందిగ్ధతలతో మాట్లాడడం ఈ నాటి జ్యోతిష్కులకి ఆయుధం ఎలాగయిందో అలాగే అలనాటి ఓరకిల్ లకి కూడా ఆయుధం

అయి ఉండాలి. ఎంత సర్వజ్ఞుడిని అయినా సరే మనం అడిగే ప్రశ్నలు అర్థవంతంగా ఉండాలి, నిర్ద్వందంగా ఉండాలి. సరి అయిన ప్రశ్నని గురి పెట్టి అడగాలి. అదే విధంగా నిష్ణాతులు ఇచ్చే సలహాలని విధివిధానాలుగా మార్చి అవలంబించే ముందు నాయకులు ఆ సలహాల పర్యవసానాన్ని సరిగ్గా అర్థం చేసుకోవడం నేర్చుకోవాలి.

"ఈనాటి ప్రభుత్వాలకి ఓరకిల్ లు ఎవరు? శాస్త్రవేత్తలు, స్మరణ తటాకాలు, విశ్వవిద్యాలయాల్లో ఉన్నత ఆసనాలు అధిష్టించిన ఆచార్యులు, వగైరాలు. ఈ పిదప కాలపు ఓరకిల్ లను ప్రభుత్వాలు అప్పుడప్పుడు, అయిష్టంగానే, సంప్రదిస్తాయి. కొండకచో కొన్ని ఓరకిల్ లు – అడిగినా, అడగక పోయినా – వారి "విలువైన" అభిప్రాయాలని ఉచితంగా జారీ చేస్తూ ఉంటారు: ఆకాశంలో ఓజోన్ పొరలో చిల్లు పడడం వల్ల పర్యావరణం దెబ్బ తింటోంది. పర్యావరణం వేడెక్కిపోవడం వల్ల ధ్రువ ప్రాంతాలలో మంచు కరిగిపోయి దాని వల్ల తీర ప్రాంతాలు ముంపుకి గురి అవుతాయి, వగైరా. ఈ అభిప్రాయాలైనా సరళమైన, నలుగురికీ అర్థం అయే భాషలో ఉంటాయా? ఉండవు. శాస్త్రీయ పరిభాషలో, సంభావ్యతలు, శాతాలు, గంట ఆకారంలో ఉన్న చిత్రపటాల రూపంలో ఉంటాయి. రాజనీతి తంత్రజ్ఞులు విధివిధానాలని జారీ చేసే ముందు ఈ పరిభాషని అర్థం చేసుకుని అప్రమత్తతతో మెలగాలి. ఆ అప్రమత్తతకి శాస్త్రీయ పరిజ్ఞానం, అవగాహన అత్యవసరం. మనం ఎన్నుకున్న ప్రతినిధులలో ఎంతమందికి ఈ రకం శాస్త్రీయ అవగాహన ఉంటోంది?"

ఆధారం:

Carl Sagan, Croesus and Cassandra, Chapter 9 in *Billions & Billions*, Random House, New York, NY 1997.

3. శాస్త్రంలో పేర్లు పెట్టడం తీరు

నూటఏభై ఏళ్ల క్రితం, రక్తాక్షి నామ సంవత్సరంలో, 1 నవంబరు 1864 న, బందరులో సముద్రం పొంగి, ఊరు మునిగిపోయిందని చెప్పుకుంటారు. నేను 1952 లో విన్న "స్థల పురాణం" ప్రకారం "ఉమ గోల్డ్ కవరింగ్" వారి భవనం మొదటి అంతస్తు అంతా మునిగిపోయి, నీరు రెండవ అంతస్తు వరకు వచ్చేసిందిట. వివరాలకి ఇప్పుడు సాక్షులు దొరకరు కాని వినికిడి కబుర్లే నిజం అయితే 30,000 మంది చచ్చిపోయారుట. సముద్రం చెలియలికట్టని దాటి, నాలుగైదు కిలోమీటర్లు లోపలికి చొచ్చుకొచ్చి, జనావాసాలని ముంచేసిందన్న మాట! దీనిని "బందరు ఉప్పెన" అని ప్రజలు అభివర్ణిస్తారు.

ఇటీవల, అనగా 19 నవంబరు 1977 న, కృష్ణా డెల్టాలోని దివిసీమ మునిగిపోయి 10,000 మందికి పైబడి చచ్చిపోయారుట. అపారమైన ధన నష్టంతో పాటు, 10 లక్షల పశువులు కూడ అసువులు బాసేయని వార్తా పత్రికలలో వచ్చింది. దీనిని "దివిసీమలో ఉప్పెన" అని పత్రికలు రాసేయి.

ఈమధ్య, అనగా 26 డిసెంబరు 2004 తేదీన, ఇండోనేసియా దగ్గర హిందూ మహాసముద్రంలో భూకంపం కారణంగా వచ్చిన సునామీ వల్ల 30 మీటర్లు ఎత్తున్న కెరటాలు వచ్చి మీద పడడంతో శ్రీలంక తూర్పు తీరం, తమిళనాడు, ఆంధ్ర ప్రదేశ్ తీర ప్రాంతాలు బాగా దెబ్బ తిన్నాయి. ఈ సునామీ తాకిడి ఆఫ్రికా ఖండపు పశ్చిమ కోస్తా వరకు ప్రయాణించింది. దీని బీభత్సాన్ని ప్రపంచవ్యాప్తంగా అందరు టెలివిషన్ తెరల మీద చూసేరు కనుక ఇక్కడ ప్రత్యేకించి వివరణ రాయక్కరలేదు.

విశాఖపట్నం మీద 12 అక్టోబరు 2014 న విరుచుకుపడ్డ హుద్ హుద్ అనే తుపాను తాకిడితో మరో రకం భయానక దృశ్యాన్ని చూసేం.

పూర్వపు కాకినాడ ఇంజనీరింగు కాలేజీ (నేటి జె ఎన్ టి యు) హాస్టలు నుండి సముద్రపుటొడ్డు మహా ఉంటే మూడు కిలోమీటర్లు దూరంలో ఉంటుంది. అక్కడ నేను చదువుకునే రోజుల్లో (సుమారు 1958 లో), ఒకనాడు రాత్రి ఆకాశం నిర్మలంగా ఉంది. గాలి కాని, వాన కాని లేవు. "టైడల్ వేవ్ వస్తోంది" అన్న గాలి వార్త విని చాల మంది కుర్రాళ్లు హాస్టల్ వదిలిపెట్టేసి పై ఊళ్లు వెళ్లిపోయేరు. తెల్లారి లేచి చూసుకుంటే టైడల్

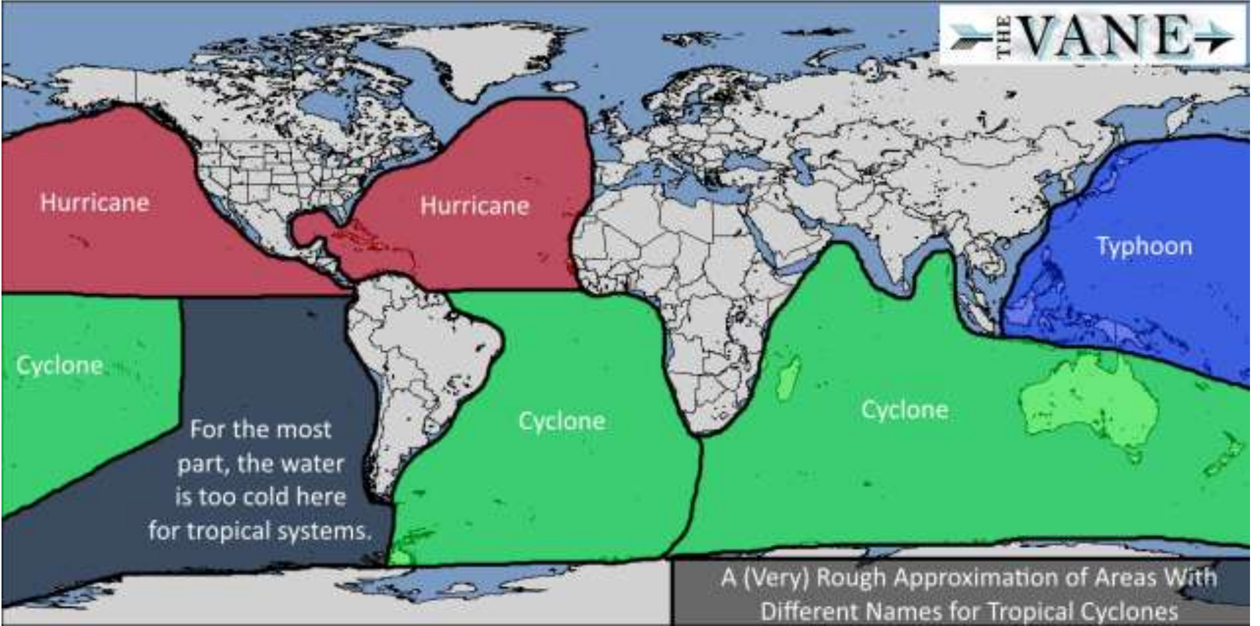
వేవూ రాలేదు, చిట్టి కెరటమూ రాలేదని తేలింది. వచ్చుంటే ఇక్కడ ఇప్పుడు ఈ వ్యాసం రాయడానికి నేను ఉండేవాడిని కాదేమో!

ఈ అనుభవాల నేపథ్యంలో ఆటుపోట్లు (tides), తుపాను (cyclone), ఉప్పెన, టైడల్ వేవ్, సునామీ, చక్రవాతం (tornado) అన్న మాటలకి నిర్దిష్టమైన అర్థాలు ఉన్నాయా లేక ఒక మాటకి బదులు మరొక మాట వాడెయ్య వచ్చా అన్న అనుమానం రాక మానదు. పామరులు, పాత్రికేయులు, పండిత వర్గాలు ఈ మాటలని అజాగ్రత్తగా వాడి కొంత గందరగోళానికి కారకులయ్యారు.

శాస్త్రంలో సందిగ్ధతకి తావు లేదు. అంతే కాదు. ఆధునిక విజ్ఞాన శాస్త్రంలో మనం ముఖ్యంగా చేసే పని "పేర్లు పెట్టడం." అంటే, మన అనుభవ పరిధి లోకి వచ్చిన దృగ్విషయాలకి నిర్ద్వందంగా ఉండేటట్లు పేర్లు పెట్టడం. ఇప్పుడు మనం గాలివాన, తుపాను, టైడల్ వేవ్, సునామీ, ఉప్పెన అన్న పేర్లకి నిర్దిష్టమైన అర్థాలు నిర్దేశిద్దాం.

4. గాలివాన, తుపాను, చక్రవాతం

గాలితో వచ్చే వాన గాలివాన (storm or windstorm). ఈ గాలి వేగం ఒక హద్దు (ఉరమరగా గంటకి 75 మైళ్లు లేదా 120 కిలోమీటర్లు) మీరి ఉంటే అది తుపాను. హిందూ మహాసముద్రంలో పుట్టే తుపానులని "సైక్లోనులు" (cyclones) అంటారు. అట్లాంటిక్ మహాసముద్రంలో పుట్టే తుపానులని “హరికేన్” (hurricane) అనిన్నీ, పసిఫిక్ మహాసముద్రంలో – అంతర్జాతీయ తేదీ రేఖకి తూర్పున – పుట్టేవాటిని “టైఫూన్” (typhoon) అనిన్నీ అంటారు. అనగా, మౌలికంగా ఈ మూడు మాటల అర్థాలలోను తేడా లేదు. ఒకొొక్క చోట ఒకొొక్క మాటని వాడుతున్నారు. (బొమ్మ చుడండి.)



బొమ్మ: తుపానుకి రకరకాల పేర్లు

ఈ తుపానులలో వీచే గాలి జోరు ఒక హద్దు (గంటకి 40 మైళ్లు లేదా 65 కిమీ) దాటితే దానికి పేరు పెడతారు. అంటే, అన్ని గాలివానలూ తుపానులు కావు, అన్ని తుపానులకీ పేర్లు పెట్టరు.

కొన్ని చోట్ల వాన ఉన్నా లేకపోయినా కేవలం సుడిగాలి అతి వేగంతో తిరుగుతూ వస్తుంది. గరాటు ఆకారంలో ఉన్న ఆ సుడిగాలి అడుగు భాగం భూమిని తాకుతూ, పై భాగం మేఘాలని తాకుతూ ఉంటుంది. ఆ సుడిగాలి వేగం ఒక హద్దు (సుమారుగా గంటకి 40 మైళ్లు లేదా 65 కిమీ) దాటినప్పుడు దానిని చక్రవాతం (tornado)

అంటారు (దిగువ బొమ్మ చూడండి). చక్రవాతానికీ తుపానుకీ ఒక ఉమ్మడి లక్షణం ఉంది; రెండింటి మధ్య ఒక అల్ప పీడన ద్రోణి (low pressure trough) ఉంటుంది.



బొమ్మ: బొమ్మలో ఎడమ పక్క తుపాను, కుడి పక్క చక్రవాతం

సాధారణంగా తుపాను (cyclone) వచ్చినప్పుడు ఆ గాలి తాకిడికి సముద్రంలో పెద్ద కెరటాలు లేస్తాయి. ఈ కెరటాల వల్ల తీర ప్రాంతాలలో ముంపు కలుగుతుంది: ఈ కెరటాలు భూమి లోపుకి ఎక్కువగా చొచ్చుకుని రావు. గాలివాన, తుపానుల వల్ల కలిగే నష్టం ముఖ్యంగా గాలి వల్ల, కొంత వరకు వాన వల్ల; సముద్రపు కెరటాల వల్ల కాదు. హుద్ హుద్ వల్ల విశాఖ ప్రాంతాలకి కలిగిన నష్టం ఇటువంటిదే.

5. అటు పోట్లు, ఉప్పెన, సునామీ

1. అటు పోట్లు (టైడ్స్)

గాలి వల్ల సముద్రంలో కలిగే చలనం ఒక రకం అయితే సూర్య చంద్రుల ఆకర్షణ వల్ల మరొక రకం చలనం కలుగుతుంది. మనం బీచికి షికారుకి వెళ్లినప్పుడు ఈ రకం చలనం కనిపించదు. కాని సముద్రంలో ప్రయాణం చేసే పడవలకి ఇది ముఖ్యం. ఇంగ్లీషులో ఈ రకం చలనాన్ని టైడ్స్ (tides) అంటారు. టైడ్స్ అంటే సముద్రంలో వచ్చే ఆటుపోటులు. ఇవి కెరటాలు కావు; కెరటాలలా జోరుగా వచ్చి ఒడ్డుకి కొట్టుకోవు. టైడ్ అంటే ఒక రకమైన "పొంగు." సముద్రం ఇలా పొంగినప్పుడు సముద్ర మట్టం అంతా పైకి లేస్తుంది – పాలు పొంగినట్లు. ఇలా సముద్రం పొంగినప్పుడు దానిని తెలుగులో "పోటు" అంటాం, ఇంగ్లీషులో, ఏకవచనంలో, "టైడ్" (tide) అని కానీ, "ఫ్లో" (flow) అని కాని అంటాం. పుట్టుట గిట్టుట కొరకే అన్నట్లు పైకి లేచిన పొంగు పడి, కిందకి దిగాలి. అలా సముద్ర మట్టం తగ్గడాన్ని "ఆటు" అని కాని "తీత" అని కాని తెలుగులోనూ, "ఎబ్" (ebb) అని ఇంగ్లీషులోనూ అంటారు. అందుకనే ebb and flow అనే పదబంధాన్ని ఆటుపోట్లు అని తెలిగించవచ్చు.

నా చిన్నతనంలో "సముద్రం పొంగుతోంది" అనే పదబంధం వినేవాడిని. అంటే సముద్రపు నీటి మట్టం పైకి లేస్తోంది అని అర్థం. పొంగు అంటే జోరుగా కాకుండా నెమ్మదిగా సముద్రమట్టం లేవడం; భూమి మీద ఉన్న మన సముద్రం రోజుకి రెండు సార్లు లేస్తుంది (పొంగుతుంది). లేచిన మట్టం మళ్లా తరుగుతుంది. ఈ ఆటుపోట్లు ఏ వేళప్పుడు వస్తాయో లెక్క కట్టి చెప్పవచ్చు. ఈ సమాచారాన్ని వాడుకుని రేవులోకి పడవలు ఎప్పుడు వస్తే సదుపాయంగా ఉంటుందో నావికులు నిర్ణయిస్తారు. కనుక సముద్రంలో వచ్చే ఆటుపోట్లు ప్రమాదం కాదు, మనకి ఎంతో ఉపయోగం.

ఆటుపోట్ల వల్ల సముద్రమట్టం లేచినప్పుడు సముద్రం ముందుకి వస్తుంది, పడినప్పుడు వెనక్కి వెళుతుంది. ఇలా ఎంత ముందుకి వస్తుంది, ఎంత వెనక్కి వెళుతుంది అనేది ఆ ప్రదేశం యొక్క భౌగోళిక అమరిక మీద కొంతా, ఆ రోజు పౌర్ణమా, అమావాశ్యా, గ్రహణమా అనే ఖగోళ పరిస్థితుల మీద కొంతా ఆధారపడి ఉంటుంది. ఈ రకం కదలికని ఉపయోగించుకుని విద్యుత్తుని పుట్టించవచ్చు. ముఖ్యంగా గుర్తు

పెట్టుకోవలసినది ఏమిటంటే ఈ ఆటుపోట్లు అకస్మాత్తుగా జరిగే సంఘటనలు కావు; వీటి రాకపోకలని మనం లెక్క కట్టి చెప్పవచ్చు. టూకీగా ఇదీ "టైడ్స్" కథ.

2. ఉప్పెన (టైడల్ వేవ్)

నేను అమెరికా వెళ్లిన కొత్తలో, అనగా 1960 దశకంలో, అమెరికాలో "టైడల్ వేవ్" అన్న మాటే వాడుకలో ఉండేది. మొదటి సారి సునామీ అన్న మాట పరిశోధన పత్రాలలో 1976 లో చూసేను. జపానీ భాషలో సునామీ అంటే "రేవులని ముంచేసే పెద్ద కెరటం" అని అర్థం. మనకి ఇంగ్లీషు మాటలు వాడటం అంటే ఎంత వ్యామోహమో అలాగే ఇంగ్లీషు మాతృభాషగా ఉన్న వాళ్లకి విదేశీ మాటల మీద మోజు. రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం తరువాత జపానుకీ అమెరికాకి సత్సంబంధాలు, రాకపోకలు పెరగటంతో జపానీతో పరిచయం పెరిగి ఈ "సునామీ" ఇంగ్లీషులో ప్రవేశించడంతో అప్పటివరకు వాడుకలో ఉన్న "టైడల్ వేవ్" కి కొత్తగా వచ్చిన సునామీకి మధ్య తేడా తెలియక కొంత తికమకకి దారి తీసింది.

"అసలు టైడల్ వేవ్ (tidal wave) అన్న మాటే తప్పుడు ప్రయోగం, అది వాడకూడదు, సునామీ అన్నదే సరి అయిన ప్రయోగం" అని అమెరికాలో కొందరు వాదించటం మొదలుపెట్టేరు. నేను కూడ ఉప్పెన, సునామీ అనే మాటలు టైడల్ వేవ్ కి పర్యాయ పదాలు అనుకునేవాడిని. కాని "దివిసీమలో ఉప్పెన," "బందరు ఉప్పెన" అన్న ప్రయోగాలు వార్తాపత్రికలలో చూసిన తరువాత, నిలకడ మీద ఆలోచించి చూడగా బందరులోనూ దివిసీమలోనూ వచ్చినది ఉప్పెన అనే మనస్సులో తీర్మానించుకున్నాను – అనగా సునామీ కాదని తాత్పర్యం. ఉప్పెన అంటే సముద్రం పోటు పెడుతూన్న సమయంలో తుపాను కారణంగా వచ్చిన ముంపు అని నా నిర్వచనం. బందరు, దివిసీమ – ఈ రెండూ – సముద్రమట్టంలో ఉన్న ప్రాంతాలు కాబట్టి సముద్రపు నీరు లోపలికి చొచ్చుకు రావడానికి అవకాశం ఎక్కువ. ఈ రకం ముంపుని ఇంగ్లీషులో "టైడల్ వేవ్" అంటారు. ఎందుకుట? సముద్రపు పోటు (tides), తుపానువల్ల వచ్చే కెరటాలు (waves) కలిసిపోయాయి కనుక! ఇలా ఆలోచిస్తే టైడల్ వేవ్ అన్న ఇంగ్లీషు మాటకి ఉప్పెన సమానార్థకమైన తెలుగు మాట – అని నా అభిప్రాయం. అనగా, సముద్రానికి పోటు వచ్చే తరుణంలోనే తుపాను కూడా వస్తే ఆ రెండింటి ప్రభావాన్ని ఉప్పెన ("టైడల్ వేవ్") అంటారు. "అసలే కోతి, కల్లు తాగింది, నిప్పు తొక్కింది" అన్న సామెతలా పోటుతో పైకి లేచిన సముద్రం వేగంగా వీచే గాలి తాకిడికి భూమి మీదకి చొచ్చుకు వచ్చినప్పుడు గాలి, వానతో పాటు ముంపు కూడా వస్తుంది. ఈ పరిస్థితిని "ఉప్పెన" అని తెలుగు లోనూ, "టైడల్ వేవ్" అని ఇంగ్లీషులోనూ అనొచ్చు.

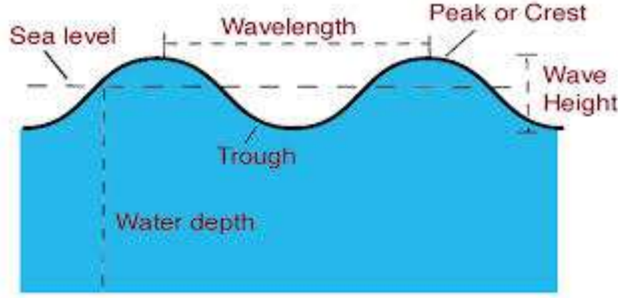
3. సునామీ

పోతే, మిగిలినది సునామీ. సునామీ అన్న మాట అజంతం కనుక తెలుగులో తేలికగా ఇమిడిపోతుంది. అందుకని దీనిని యథాతథంగా తెలుగులోకి దింపేసుంటే నాకు అభ్యంతరం లేదు. సముద్ర గర్భంలో, ఎక్కడో, భూమి కంపించడం వల్ల సముద్రం అడుగున ఉన్న భూమి కుంగి, కూలిపోయిన సందర్భంలో, పరిస్థితులు అనుకూలిస్తే ఒక మహత్తర కెరటం పుట్టుకొచ్చి అది మహా వేగంతో ఒడ్డుని ఢీకొంటుంది. అదీ సునామీ అంటే! అనగా, ఈ మహత్తర కెరటం గాలి వల్ల పుట్టినది కాదు. సునామీ ఒక ఊరికో, ఒక ప్రాంతానికో పరిమితం కాదు; సునామీ వల్ల భౌగోళికంగా చాల ప్రాంతాలు దెబ్బ తింటాయి. సముద్రపు ఆటుపోట్లకీ సునామీకి సంబంధం లేదు.

6. కెరటాలు – కాసింత భౌతిక శాస్త్రం

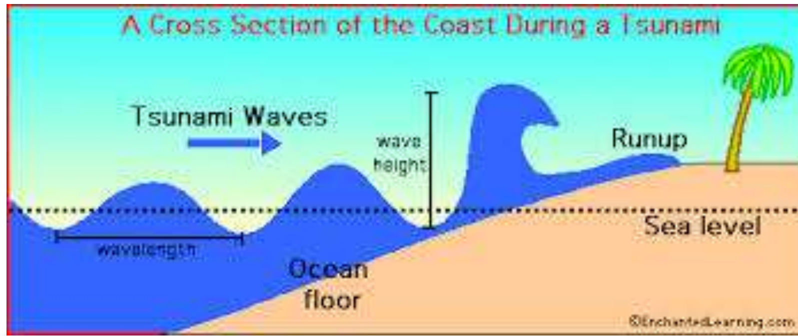
సముద్రపు ఒడ్డున నిలబడి చూస్తూ ఉంటే కెరటాలు, ఒకటి తరువాత మరొకటి చొప్పున, నెమ్మదిగా పైకి లేచి, ఒడ్డుని తాకి, విరిగి, నురుగలు కక్కుకుంటూ గట్టుని చేరుకుంటాయి. ఈ కెరటాలు తయారవడానికి, పెరగడానికి, విరగడానికి కారణం గాలి. తుపాను సమయంలో గాలి జోరుకి ఈ కెరటాలు కూడ పెద్దగా పైకి లేస్తాయి, జోరుగా ముందుకి వస్తాయి. అప్పుడు అవి తీర ప్రాంతాలని ముంచెయ్యవచ్చు. ఈ కెరటాలకి మరొక లక్షణం ఉంది. కెరటాలతో సముద్రం ఎంత కల్లోలభరితంగా ఉన్నా ఆ కల్లోలం అంతా పైపైనే – అందంలా. ఒకటి రెండు మీటర్లు లోతుకి వెళితే అక్కడ సముద్రం ప్రశాంతంగానే ఉంటుంది – పైన ఎంత కల్లోలంగా ఉన్నా!

సునామీ చాల జోరుగా ప్రయాణం చేసే కెరటం. ఇది చాల పెద్ద కెరటం. "పొడవైన" కెరటం. ఇక్కడ "జోరు", "పొడవు", "కెరటం" అన్న మాటలకి నిర్దిష్టమైన అర్థాలు ఉన్నాయి. కొంచెం శాస్త్రం, పరిభాష ఉపయోగించి చెప్పటం అవసరం. మనకి తెలుగులో అల, కెరటం, తరంగం అనే మాటలు వాడుకలో ఉన్నాయి. నిర్దిష్టత కోసం వీటికి శాస్త్రీయమైన అర్థాలు ఇద్దాం. నీటి కెరటంలో నీరు ఒకసారి పైకి లేచి, కిందికి పడుతుంది. అలా పైకి లేచినప్పుడు దాని గరిష్ఠ ఊర్ధ్వభాగానికి "శిఖ" (peak) అని పేరు పెడదాం. ఈ శిఖ వెనక నీటి మట్టం లోతుగా దిగిపోతుంది. ఇక్కడ గరిష్ఠ అధో భాగానికి "గర్త" (trough) అని పేరు పెడదాం. ఒక శిఖ, ఒక గర్త ఆక్రమించిన ప్రాంతాన్ని కెరటం అందాం. అనగా, "కెరటం" (wavelet) అంటే ఒక విశ్రమ స్థానం నుండి (నీటి) మట్టం పైకి లేచి, గరిష్ఠ పరిమితి చేరుకుని, కిందకి దిగి, కనిష్ఠ పరిమితి చేరుకుని మళ్లా విశ్రమ స్థానాన్ని చేరుకున్న మేర. ఈ కెరటం వెనక మరో కెరటం వస్తుంది. దానికీ శిఖ, గర్త ఉంటాయి. ఇలా నిర్విరామంగా వచ్చే కెరటాల సమాహారాన్ని "తరంగం" (wave or wavetrain) అందాం. ఒక తరంగంలో ఒక శిఖ నుండి దాని వెనక వచ్చే శిఖకి మధ్య దూరాన్ని ఆ తరంగం "పొడుగు" అంటారు. దీన్నే మన వాళ్లు తరంగ దైర్ఘ్యం అని పాఠ్య పుస్తకాలలో అంటున్నారు. దీనినే ఇంగ్లీషులో "వేవ్ లెంగ్త్" (wavelength) అంటారు. మనం "తరంగం పొడుగు" అనేసి ఊరుకుందాం.



బొమ్మ: కెరటానికి సంబంధించిన సాంకేతిక పదజాలం

ప్రతి తరంగానికి పొడుగు (wavelength), డోలన వ్యాప్తి లేక ప్రవర్ధమానం లేక ఎత్తు (amplitude) ఉంటాయి. సాధారణంగా సముద్రం ఒడ్డున నిలబడి చూస్తే ఈ ఎత్తు సుమారు రెండో, మూడో మీటర్లు ఉంటుంది. పొడుగు మహా ఉంటే 50 మీటర్లు ఉండొచ్చు. కాని ఇది సునామీ అయితే ఆ కెరటం ఎత్తు సుమారు 10 మీటర్లు (30 అడుగులు), పొడుగు సుమారు 20 కిలోమీటర్లు ఉండొచ్చు.



బొమ్మ: సునామి వచ్చినప్పుడు కెరటం ఎగిరి పడే తీరు.

సునామీ సముద్రం మధ్యలో ఎక్కడో పుట్టి గంటకి సుమారు 500 కిలోమీటర్ల వేగంతో (అంటే విమానం వేగంతో) ప్రయాణం చేస్తుంది. ఈ ప్రయాణంలో ఎదట గర్త, దాని వెనక శిఖ ఉంటాయి కనుక ఒడ్డున ఉండి చూసేవాళ్లకి ముందస్తుగా గర్త తగులుతుంది. అందువల్ల సముద్రం బాగా వెనక్కి వెళ్లిపోతూ కనిపిస్తుంది. దాని వెనక ఎక్కడో 15 కిలోమీటర్లు దూరంలో కొండంత ఎత్తు ఉన్న శిఖ జోరుగా వస్తోందన్న విషయం ఒడ్డున ఉన్న వ్యక్తికి ఎలా తెలుస్తుంది? తెలియదు. అమాయకంగా సముద్రం ఎందుకు వెనక్కి తగ్గిపోతోందా అని ఆశ్చర్యపడి కళ్లప్పగించి చూస్తూ ఉంటాడు. లేదా శంఖాలు, గవ్వలు ఏరుకుందుకి ముందుకి వెళ్తాడు. ఆ వెనక నుండి విమానం జోరుతో వస్తూన్న శిఖ ఒడ్డు చేరుకోడానికి 2 నిమిషాలు కూడ పట్టదు. ఆ వచ్చే కెరటం ఎత్తు

10 మీటర్లు అనుకుంటే నీటి మట్టం క్షణానికి 8 సెంటీమీటర్లు (2 అంగుళాలు) చొప్పున పెరుగుతుంది అన్నమాట. అంటే ఇరవై అంకెలు లెక్కపెట్టే లోగా నిలువెత్తు మనిషి మునిగి పోతాడు. కనుక ప్రాణం మీద ఆశ ఉంటే సముద్రం తీతని చూడగానే కాలికి బుద్ధి చెప్పో, కారు ఎక్కో, ఎత్తయిన ప్రదేశానికి పారిపోవాలి.

ఈ సునామీలు పుట్టడానికి ముఖ్య కారణం సముద్ర గర్భంలో భూకంపం. భూమి కంపించడానికి కారణం సముద్రపు అడుగున ఉన్న నేల "విరిగి కూలిపోవడం." మనం డాబా మీద ఉన్నప్పుడు మన కాలి కింద నేల విరిగి కూలిపోతే మనం అమాంతం కింద పడిపోయినట్లే సముద్రపు అడుగున నేల కూలి పోయినప్పుడు సముద్రం పేద్ద గోతిలోకి పడిపోతుంది. ఈ తాకిడికి సముద్రంలో పుట్టే చలనమే సునామీ తరంగం. ఇది జోరుగా అన్ని దిశలలోకీ వ్యాపించడం మొదలు పెడుతుంది. సముద్రం లోతుగా ఉన్న చోట ఈ తరంగం చాప కింద నీరులా వెళిపోతుంది; పైన నీటిలో తేలియాడే పడవ ఈ తరంగం ప్రభావానికి కంగనైనా కంగదు. ఈ తరంగం ఒడ్డు చేరుకునే దరిదాపుల్లో నేల రాపిడికి జోరు కొద్దిగా తగ్గి ఉవ్వెత్తున పైకి కొండంత ఎత్తుకి లేస్తుంది. దీనిని చెలియలికట్ట ఆపలేదు. ఇది ఊళ్లల్లోకి విరుచుకుపడి మార్గంలో ఉన్న సమస్తాన్నీ సర్వనాశనం చేసేస్తుంది. ఈ దిగువ బొమ్మలు చూస్తే ఈ సునామీ ఎలాగుంటుందో తెలుస్తుంది.





బొమ్మ: సునామీ కెరటాల ఛాయా చిత్రాలు

ఇంత హడావిడి చేసిన తరువాత నిర్దిష్టత కొరకు ఈ దిగువ ఈ దిగువ నిర్వచనాలు ఇస్తున్నాను:

(1)టైడల్ వేవ్ ని తెలుగులో ఉప్పెన అందాం. ఉప్పెన అంటే సముద్రపు పోటుకి తుపాను తోడయినప్పుడు సముద్రపు మట్టం బాగా పెరిగి, సముద్రం చెలియలికట్టని దాటి, పల్లపు భూములని ముంచేయడం. ఇంగ్లీషు మాటలో "వేవ్" అని ఉన్నా ఇది కెరటం కాదు.

(2)సునామీ ఒక తరంగం. సముద్రం మధ్యలో ఈ తరంగం "పొడుగు" 200 కిలోమీటర్లు, వేగం గంటకి 800 కిలోమీటర్లు ఉండొచ్చు, కాని "ఎత్తు" (డోలనవ్యాప్తి) అంతగా ఉండదు. కనుక సముద్రం మధ్యలో ఉన్న పడవ అడుగు నుండి ఇది ప్రయాణించినప్పుడు దాని చలనం పడవలో ఉన్నవారికి తెలియకపోవచ్చు. కాని ఒడ్డుకి చేరుకునే వేళకి దీని జోరు గంటకి ఏ 80 కిలోమీటర్లకో తగ్గి, ఎత్తు బాగా పెరుగుతుంది. ఈ సందర్భంలో ఈ తరంగం "పొడుగు" ఏ 20 కిలోమీటర్లుకో పడిపోతుంది.

(3)"సునామీ కెరటాలు" మామూలు కెరటాలు కావు. మామూలు కెరటాల పొడుగు తక్కువ కనుక ఒడ్డుకి చేరుకునే వేళకి విరిగి పడతాయి. సునామీ కెరటాలు బాగా పొడుగైనవి కనుక ముందుగా వాటి ఎత్తు పెరుగుతూ కనిపిస్తాయి. ఈ పెరుగుదలని చూసి "సముద్రపు పోటు" (టైడ్) అని భ్రమ పడే అవకాశం ఉంది. అందుకనే వీటిని మొదట్లో టైడల్ వేవ్ అనే వారు.

7. రేడియో

రేడియో (radio), రేడియేషన్ (radiation), రేడియో ఏక్టివిటీ (radioactivity) అన్న మాటలలో పోలికలు ఉన్నా వాటి అర్థాలలో తేడాలు ఉన్నాయి.

ముందు ఆకాశవాణి వారి రేడియో లాంటి ఉపకరణం గురించి చెబుతాను. ట్రాన్సిస్టర్ రేడియో ని "ట్రాన్సిస్టర్" అనటం లేదూ అలాగే "రేడియో రిసీవర్" అన్న మాటని పూర్తిగా అనటానికి బద్దకించి కుదించగా "రేడియో" వచ్చింది.

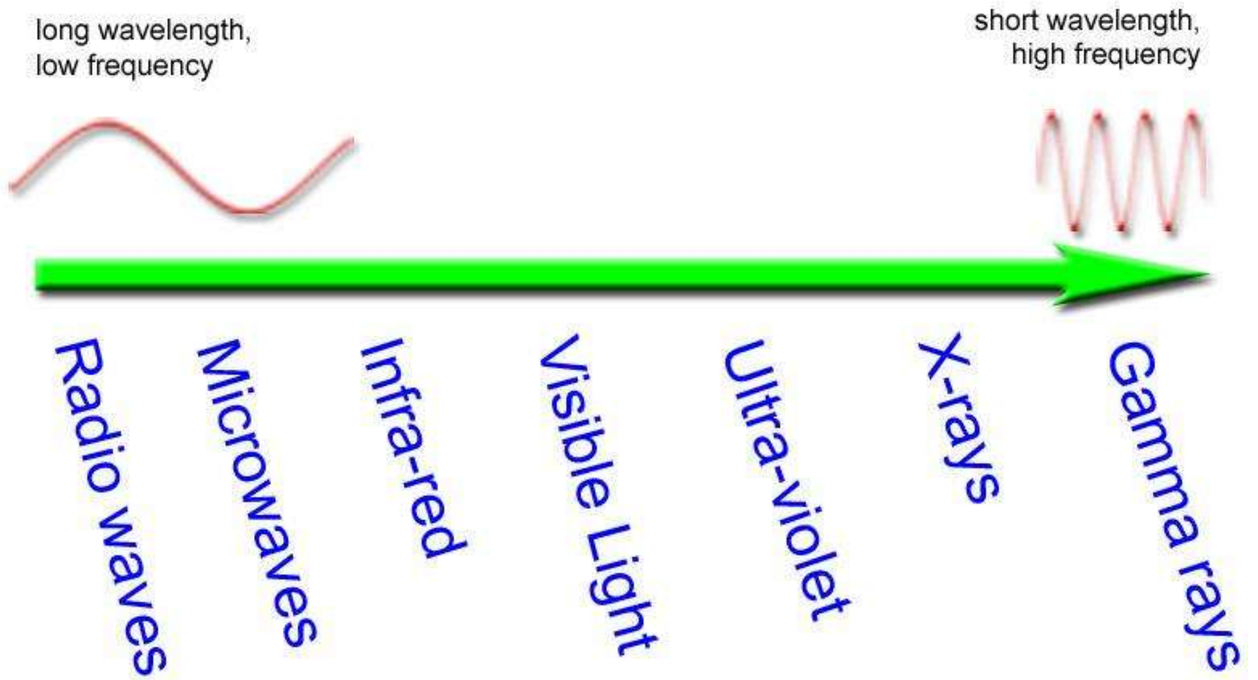
రేడియో రిసీవర్ దేనిని "రిసీవ్" చేసుకుంటుంది? "రేడియో తరంగాలు" అనే ఒక జాతి విద్యుదయస్కాంత తరంగాలని.

"రేడియో తరంగాలు" అంటే ఏమిటి? ఒక విధంగా చెప్పాలంటే, ఇవి రేడియో కేంద్రం నుండి ప్రసారితమయే, కంటికి కనబడని, విద్యుదయస్కాంత కెరటాలు. అనగా ఇవి విద్యుత్ కెరటాలు, అయస్కాంత కెరటాలు కలసిన జంట కెరటాలు.

ఈ రేడియో తరంగాల సంగతి – అనగా, ఈ విద్యుదయస్కాంత తరంగాల సంగతి – భౌతిక శాస్త్రపు దృష్టితో చూద్దాం. సూర్య రస్మిని పట్టకం (prism) ద్వారా పోనిస్తే ఆ వెలుగులోని రంగులన్నీ విడిపోయి సప్త వర్ణాలతో ఒక వర్ణమాల మన కంటికి కనిపిస్తుంది కదా. ఆకాశంలో అప్పుడప్పుడు కనిపించే ఇంద్రధనుస్సు ఇటువంటి వర్ణమాలకి ఒక ఉదాహరణ. ఈ వర్ణమాలలో మనకి కనిపించే ఒకొక్క రంగు ఒకొక్క విద్యుదయస్కాంత తరంగం అన్న మాట! ఈ సందర్భంలో "రంగు" అన్నా తరంగం అన్నా ఒక్కటే! ఆ వర్ణమాలకి ఇటూ, అటూ కంటికి కనిపించని "రంగులు" చాలా ఉన్నాయి. టూకీగా చెప్పాలంటే విద్యుదయస్కాంత తరంగాలలో "కనిపించే రంగులు" కొన్ని, "కనిపించని రంగులు" కొన్ని ఉంటాయి.
కనబడే వర్ణమాలకి ఒక పక్క పరారుణ తరంగాలు, రేడియో తరంగాలు, రెండవ వైపున అతి నీలలోహిత, సూక్ష్మ, x–, గామా తరంగాలు ఉన్నాయి. ఈ పేర్లు అన్నీ తర్కబద్ధంగా పెట్టిన పేర్లు కావు. వీటికి క, చ, ట, త, ప, అని ఒక పక్కా, గ, జ, డ, ద, బ అని రెండవ పక్కా పేర్లు పెట్టేసి ఉంటే సుఖపడిపోయేవాళ్లం. ఆకాశవాణి

వారు వారి ప్రసారాల కోసం ఈ రేడియో తరంగాలని వాడతారు కనుక ఈ తరంగాలని గ్రహించే పరికరాన్ని మొదట్లో "రేడియో తరంగ గ్రాహిణి" అనేవారు. క్రమేణా బద్ధకించి రేడియో గ్రాహిణి అన్నారు, ఇంకా బద్ధకించి "రేడియో" అనెస్తున్నారు.

పరారుణ తరంగాలకి పక్కన ఉన్న తరంగాలకి "రేడియో తరంగాలు" అన్న పేరు పెట్టకుండా మరేదయినా పేరు పెట్టి ఉంటే మన ప్రాణం సుఖాన్న పడి ఉండేది. ఉదాహరణకి "దీర్ఘ తరంగాలు" అనో "భారీ తరంగాలు" అనో పేరు పెట్టి ఉంటే బాగుండిపోయేది; అప్పుడు మన రేడియోకి ఏ భార్గవి అనో పేరు పెట్టుకుని ఉండేవాళ్లం!



బొమ్మ: ఈ బొమ్మలో కంటికి కనబడే విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు మధ్యలో ఉన్నాయి. అంతకంటే పొడుగైన తరంగాలు ఎడమ వైపున, పొట్టివి కుడి వైపున ఉన్నాయి.

8. రేడియేషన్ అంటే ఏమిటి?

ఇప్పుడు రేడియేషన్ గురించి ఆలోచిద్దాం. గాలి వీచని రాత్రి భోగి మంట దగ్గర కూర్చున్నప్పుడు మనకి తగిలే వేడి, వెలుతురు "రేడియేషన్" అనే ప్రక్రియకి ఉదాహరణలు.

రేణువుల రూపంలో కాని, కిరణాల రూపంలో కాని, కెరటాల రూపంలో కాని ప్రసరించి ప్రయాణం చేసే శక్తి (energy) రేడియేషన్‌కి మరొక ఉదాహరణ. అలాగని నీళ్లల్లో వచ్చే కెరటాలు, గాలిలో ప్రవహించే శబ్ద తరంగాలు రేడియేషన్ కావు.

రేడియేషన్ అనేది కంటికి కనిపించే వెలుగు (దృశ్య కాంతి) రూపంలో ఉండవచ్చు, కంటికి కనిపించని వేడి రూపంలో ఉండవచ్చు, కంటికి కనిపించని ఆల్ఫా రేణువులలా ఉండొచ్చు. నిజానికి కంటికి కనిపించే వెలుగుతో పోల్చి చూస్తే కంటికి కనిపించని రేడియేషన్ కొన్ని కోట్ల రెట్లు ఎక్కువ. కంటికి కనిపించే రేడియేషన్ ని "కాంతి" అనీ 'వెలుగు" అనీ అంటాం.

విశ్వమంతా శక్తి మయం కనుక ఈ విశ్వంలో రేడియేషన్ లేని స్థలం అనే ప్రసక్తి లేదు. అది సర్వవ్యాప్తం. ఈ దృశ్యాదృశ్య శక్తి స్వరూపాలన్నిటికి రేడియేషన్ అన్న పేరు ఎందుకు పెట్టేరు?

ఒక కేంద్రం నుండి "రేడియల్" (radial) దిశలలో ప్రవహిస్తుంది కనుక దీనిని "రేడియేషన్" అన్నారు. కేంద్రం నుండి పరిధికి గీసిన ఏ గీతనయినా సరే ఇంగ్లీషులో "రేడియస్" (radius) అంటారు. ఈ నామవాచకం నుండి వచ్చిన విశేషణమే "రేడియల్." కనుక ఒక కేంద్రం నుండి అన్ని దిశల వైపు ప్రయాణించేది "రేడియేషన్."

తెలుగులో "రేడియస్" ని వ్యాసార్ధం అంటాం. కాని ఈ మాట పైన చెప్పిన విధంగా రకరకాలుగా మలచటానికి లొంగదు. వ్యాసం (diameter) అనే మాట కొంచెం లొంగుతుంది. వ్యాప్తి చెందేది వ్యాసం కనుక, అన్ని దిశలలోకీ కిరణాలులా వ్యాప్తి చెందే ఈ రేడియేషన్ అన్న మాట ని తెలుగులో "వ్యాకిరణం" (వ్యాప్తిచెందే + కిరణం) అనొచ్చు. కాని మనకి సంస్కృతంలో "వి" అనే ఉపసర్గ "మిక్కిలి" అనే అర్థాన్ని సూచిస్తుంది: జయం అంటే గెలుపు, విజయం అంటే గొప్ప గెలుపు. చలనం అంటే కదలిక, విచలనం అంటే

మిక్కిలి కదలిక. జ్ఞానం అంటే బ్రహ్మజ్ఞానం, విజ్ఞానం అంటే మరొక రకమయిన బ్రహ్మజ్ఞానం – సైన్సు. ఇదే ధోరణిలో వికిరణం అన్నా వికీర్ణం అన్నా మిక్కిలి వ్యాప్తి చెందేది – రేడియేషన్. అన్ని పక్కలకి ప్రసరించేది కనుక దీన్ని "ప్రసారం" అని కూడ అనొచ్చు. కాని "ప్రసారం" అన్న మాటని బ్రాడ్‌కేస్టింగ్ (broadcasting) కి కేటాయించేసేరు కనుక మనం రేడియేషన్ ని వికీర్ణం (లేదా, వికిరణం) అందాం.

"రేడియేషన్" అన్న మాటని భౌతిక శాస్త్రంలో వాడినప్పుడు ఈ ప్రవహించేది "శక్తి" అవుతుంది. ఈ శక్తి వేడి రూపంలో ఉంటే ఈ ప్రవాహం "హీట్ రేడియేషన్" (heat radiation), లేదా "ఉష్ణ వికీర్ణం." ఈ ప్రవహించేది కాంతి అయితే అది "కాంతి వికీర్ణం" (light radiation) లేదా దృశ్య వికీర్ణం (visible radiation). ఈ ప్రవహించేది "సూక్ష్మతరంగాలు" అయితే ఇది "సూక్ష్మతరంగ వికీర్ణం" (microwave radiation).

మన ఆకాశవాణి వంటి రేడియో కేంద్రాలు, దూరదర్శని వంటి టెలివిషన్ కేంద్రాలు, సెల్ ఫోనులు, ఇళ్లల్లో కంప్యూటర్లలోని "వై-ఫై" - అన్నీ కూడా, విద్యుదయస్కాంత తరంగాల వికీర్ణం మీదనే ఆధారపడి ఉంటాయి. ఆ తరంగాల తరచుదనం అవసరాన్ని బట్టి మారుతూ ఉంటుంది కనుక పేరులో మార్పు కనిపిస్తుంది; కొన్ని "రేడియో జాతి పొడుగు తరంగాలు," కొన్ని పొట్టిగా ఉండే సూక్ష్మతరంగాలు.

రేడియేషన్ అన్న మాటని సాధారణమైన అర్థంతో కూడ వాడవచ్చు. ఆత్మవిశ్వాసంతో పిటపిటలాడుతూన్న వ్యక్తిని ఇంగ్లీషులో "హి ఈస్ రేడియేటింగ్ కాన్ఫిడెన్స్" అంటాం.

9. రేడియో ఏక్టివిటీ

ఇప్పుడు "రేడియో ఏక్టివ్" అన్న మాటకి అర్థం ఏమిటో చూద్దాం. ముందుగా మనం వార్తలు వినే "రేడియో" కి మనం ఇక్కడ మాట్లాడుతూన్న "రేడియో ఏక్టివిటీ" కి ఉంటే గింటే ఏదో బాదరాయణ సంబంధం పీకితే పీకొచ్చునేమో కాని, దగ్గర సంబంధం లేదు అని గమనించండి. ఎవ్వరో, ఎక్కడో పేర్లు పెట్టడంలో పరాకు చిత్తగించేరు.

కొన్ని అణువులు, ప్రత్యేకించి వాటి అణు కేంద్రకంలో అస్థిర నిశ్చలత ఉన్నవి, (ఉదాహరణకి రేడియం అనే మూలకం యొక్క అణువులు), అకస్మాత్తుగా, బాహ్య శక్తుల ప్రోద్బలం లేకుండా వికీర్ణాన్ని విడుదల చేస్తాయి. ఇలా విడుదల చెయ్యబడ్డ వికీర్ణంలో సర్వసాధారణంగా ఆల్ఫా రేణువులు, ఎలక్ట్రానులు, అణు కేంద్రకంలో ఉండే నూట్రానుల వంటి పరమాణువులు, గామా కిరణాలు వంటివి ఉంటాయి. ఈ జాతి పదార్థాలని "వికీర్ణతలో చలాకీ తనం చూపించేవి" అని అంటారు. "మా వాడు ఆటల్లో చాలా చలాకీ" అని మనం అంటే మనం వెనక నుండి తొయ్యకుండా, తనంత తానుగా, ఆటలలో ఆసక్తి చూపేవాడని అర్థం కదా! అదే విధంగా "వికీర్ణతలో చలాకీతనం" అంటే ఏమిటి? బాహ్య శక్తుల ప్రమేయం లేకుండా, కొన్ని అణువులు వాటంతట అవి విచ్ఛిన్నం అయిపోయి, ఆ విచ్ఛిత్తిలో కొన్ని అణుశకలాలు బయట పడి అన్ని దిశలలోకీ వ్యాప్తి చెందటం. ఈ రకం పదార్థాలని "రేడియోఏక్టివ్" (radioactive) అనాలని మరీ క్యూరీ ఆమె పి. ఎచ్. డి. సిద్దాంత గ్రంథంలో ప్రతిపాదించారు. అంటే, రేడియం అనే మూలకంలా వికీర్ణం చెయ్యడంలో చలాకీతనం లేదా ఉత్తేజం చూపించే పదార్థాలు అని అర్థం. అనగా, "రేడియం వలె చలాకీతనం చూపించేది" అని అర్థం. దీనికి తెలుగు సేత "వికీర్ణ ఉత్తేజిత పదార్థం." మన నిఘంటువులలో దీనిని "రేడియోధార్మిక పదార్థం" అని తెలిగించేరు. ఇక్కడ "రేడియో ధర్మం" అంటే రేడియేషన్ ని విడుదల చేసే ధర్మం, అంటే, వికీర్ణాన్ని విడుదల చేసే గుణం అని అర్థం. కనుక "రేడియోధార్మిక పదార్థం" అన్నా "వికీర్ణ ఉత్తేజిత పదార్థం" అన్నా వికీర్ణతలో చలాకీతనం చూపించే పదార్థం అని అర్థం.

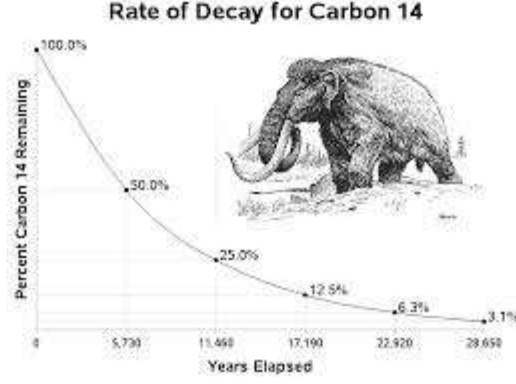
"రేడియేషన్," "రేడియోఏక్టివ్" వంటి మాట విన్నప్పుడు మనకి అణు బాంబులు, అణు విద్యుత్ కేంద్రాలలో ప్రమాదాలు, కేన్సరు వ్యాధి, మొదలైన భయంకరమైన విషయాలు మనస్సులో మెదులుతాయి. కాని పైన ఇచ్చిన వివరణ చదివిన తరువాత ఈ రెండూ ప్రకృతిలో సహజ సిద్ధమైన ప్రక్రియలే కాని ప్రత్యేకించి ప్రమాదమైనవి

కావని తెలుస్తూనే ఉంది కదా. ఏదైన శృతి మించినా, మితి మీరినా ప్రమాదమే. మితి మీరితే అన్ని రకాల వికీర్ణాలూ ప్రమాదమే. భోగి మంటకి మరీ దగ్గరగా వెళితే ఒళ్లు కాలదూ?

నిజానికి మన చుట్టూ ఉన్న వాతావరణం అంతా వికీర్ణ ఉత్తేజిత పదార్థంతో నిండి ఉంది అని చెబితే నమ్మగలరా? మన వాతావరణానికి ఈ వికీర్ణ ఉత్తేజితం (radioactivity) ఎక్కడినుండి వచ్చింది? రోదసి లోతుల్లోంచి వచ్చే అతి శక్తిమంతమైన కాస్మిక్ కిరణాలు మన వాతావరణంలోని నత్రజని అణువులని ఢీకొన్నప్పుడు వాటిల్లో కొన్ని రూపాంతరం చెంది "కార్బన్–14" గా మారతాయి. ఈ కార్బన్–14 (C–14) సహజమైన వికీర్ణ ఉత్తేజిత పదార్థం. దీనిని ఇంగ్లీషులో "రేడియో కార్బన్" అని కూడ అంటారు. మనం "ఉత్తేజిత కర్బనం" అని కాని "వికీర్ణ కర్బనం" అని కాని అందాం. మామూలు కర్బనానికీ (C–12) కీ, దీనికీ మధ్య తేడాలు ఉన్నాయి కనుక దీనిని "సి–14" (C–14) అని కూడ పిలుస్తారు.

మన వాతావరణంలో బొగ్గుపులుసు వాయువు (కార్బన్ డై ఆక్సైడ్) కూడ ఉంటుంది కదా. ఈ కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ బణువు (molecule) తయారయినప్పుడు అందులోకి ఈ కార్బన్–14 ప్రవేశించే సావకాశం ఉంది. ఒక ట్రిలియను (1,000,000,000,000) కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ బణువులని పరీక్షించి చూస్తే వాటిల్లో ఒక బణువులో ఈ కార్బన్–14 అణువు ఉండే సావకాశం ఉంది. అంటే ఉత్తేజిత కర్బనం గాలి ఎక్కడ ఉంటే అక్కడ ఉంటుందన్న మాటే కదా?

భూమి మీద ఉన్న వృక్ష సామ్రాజ్యం అంతా కిరణజన్య సంయోగక్రియ కొరకు వాతావరణంలో ఉన్న కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ ని పీల్చుకుంటాయని చిన్నప్పుడే చదువుకున్నాం కదా. ఈ ప్రక్రియలో చెట్లు కొంత ఉత్తేజిత కర్బనాన్ని కూడ పీల్చుకుంటాయి. కనుక చెట్లన్నీ వికీర్ణ ఉత్తేజితాలే! ("రేడియో ఏక్టివ్"). ఆ చెట్లని మేసిన జంతువులు కూడ వికీర్ణ ఉత్తేజితాలే! ఆ చెట్లని కాని, జంతువులని కాని తిన్న మానవులూ వికీర్ణ ఉత్తేజితానికి నిత్యం గురి అవుతూనే ఉంటున్నారు. దీనిని మనం నేపథ్య వికీర్ణం (background radiation) అనొచ్చు.



బొమ్మ: ఏనుగు ఆకారంలో ఉన్న జంతువు అవశేషాలలో 12% వికీర్ణ ఉత్తేజితం కనిపిస్తే అది ఉరమరగా 17,000 సంవత్సరాల క్రితం ఈ భూమి మీద బతికిందని నిర్ధారిస్తారు.

చెట్లు, జంతువులు, మనుష్యులు మరణించినప్పుడు, గాలి పీల్చటం మానెస్తాము కనుక, ఈ వికీర్ణ ఉత్తేజితం వాటి జీవకణాలలో పేరుకొనటం మాని నశించటం మొదలుపెడుతుంది. కాల చక్రం 5,700 సంవత్సరాలు తిరిగేటప్పటికి ఈ వికీర్ణ ఉత్తేజితంలో సగం భాగం నశిస్తుంది. (ఇది కర్బనం-14 లక్షణం.) అందుకనే ఈ 5,700 సంవత్సరాల కాలాన్ని కర్బనం-14 యొక్క అర్ధాయుష్షు (half-life) అంటారు. ఒక చెట్టు అవశేషాలలో కాని, ఒక జంతువు యొక్క అవశేషాలలో కాని కర్బనం-14 కి సంబంధించిన వికీర్ణ ఉత్తేజితం ఇంకా ఎంత మిగిలి ఉందో తెలిస్తే ఆ చెట్టు/జంతువు ఎన్నాళ్ల క్రితం చచ్చిపోయిందో లెక్క కట్టి చెప్పొచ్చు (బొమ్మ చుడండి). ఉదాహరణకి కర్బనం-14 లో ఉన్న వికీర్ణ ఉత్తేజితం పరిపూర్ణంగా నశించిపోవటానికి 50 అర్ధాయుష్షుల కాలం పడుతుంది. అంటే, ఒక ప్రాణి చచ్చిపోయిన తరువాత ఆ ప్రాణి అవశేషాలలో 50 x 5,700 = 2,85,000 సంవత్సరాల పాటు (ఉరమరగా, 3 లక్షల సంవత్సరాల పాటు) ఈ వికీర్ణ ఉత్తేజితం ఉంటుంది.

10. ఐసోటోపులు

శాస్త్రంలో "ఐసోటోపు" అనే మాట ఉంది. ముందు దీని అర్థం ఏమిటో చూద్దాం. ఉదాహరణకి కర్బనం (కార్బన్) అనే రసాయన మూలకం (element) ఉంది. ఈ కర్బనం అణువుని పరిశీలిస్తే ఆ అణువు గర్భంలో (నూక్లియస్‌లో, కేంద్రకంలో) 6 ప్రోటానులు, 6 నూట్రానులు ఉంటాయనిన్నీ, అణువు కేంద్రకం చుట్టూ 6 ఎలక్ట్రానులు ప్రదక్షిణం చేస్తూ ఉంటాయని ఒక నమూనా ఉందని మనకి ఉన్నత పాఠశాలలోనే చెప్పేరు.

అణుగర్భంలో ఎన్ని ప్రోటానులు ఉన్నాయో దానిని అణు సంఖ్య (atomic number) అంటారు. కనుక కర్బనం అణు సంఖ్య 6. ఇదే విధంగా అణుగర్భంలో ఉన్న ప్రోటానులు, నూట్రానులు కలిపి ఎన్ని ఉన్నాయో లెక్క చెప్పేదానిని గరిమ సంఖ్య (mass number) అంటారు. కనుక కర్బనం గరిమ సంఖ్య 12. ఇది సర్వసాధారణమైన కర్బనం కథ. ఈ సాధారణ కర్బనాన్ని సి–12 (C–12) అని కూడ పిలుస్తారు.

అప్పుడప్పుడు ప్రకృతిలోని కొన్ని అసాధారణమైన అణువులు తారస పడుతూ ఉంటాయి. ఉదాహరణకి ఒక అసాధారణమైన కర్బనం అణువు గర్భంలో 6 ప్రోటానులు, 8 నూట్రానులు ఉంటాయి. ప్రోటానులు 6 ఉన్నాయి కనుక ఇది ఖచ్చితంగా కర్బనమే. నూట్రానులు రెండు ఎక్కువ ఉన్నాయి కనుక ఇది మామూలు కర్బనం కాదు. ఈ కొత్త రకం కర్బనం గరిమ సంఖ్య 14. కనుక దీనిని క్లుప్తంగా సి–14 (C–14) అంటారు.

కేవలం గర్భంలో ఉన్న నూట్రానుల సంఖ్య మారినంత మాత్రాన మూలకం పేరు మారిపోదు, స్థూలంగా రసాయన లక్షణాలు మారిపోవు; కాని కొన్ని అసాధారణమైన లక్షణాలు కనిపిస్తాయి అంతే. (మనలో కొంతమందికి ఆరు వేళ్ళు ఉన్నంత మాత్రాన వాళ్ళు మనుష్యులు కాకపోతారా? అలాగన్నమాట!) ఇంతకీ చెప్పొచ్చేది ఏమిటంటే సి–12 కి, సి–14 కి మధ్య చాల పోలికలు ఉన్నాయి; గర్భంలో ఉన్న నూట్రానుల సంఖ్యలో తేడా ఉంది కనుక కొన్ని కొత్త లక్షణాలు ఉన్నాయి. అందుకని ఈ రెండింటిని ఇంగ్లీషులో ఐసోటోపులు అంటారు. గ్రీకు భాషలో "ఐసో" అంటే ఒకే అనిన్నీ, "టోప్" అంటే ప్రదేశం అని కానీ, స్థానం అని కానీ అర్థం. (టొపోగ్రఫీ అన్న మాటలో "టోపో" అన్నా స్థానం అనే అర్థం.) వీటిని తెలుగులో ఏకస్థానులు అనొచ్చు. ఆవర్తన పట్టిక (periodic table) లో ఈ రెండింటిని ఒకే స్థానంలో (గదిలో) ఉంచాలి కనుక వీటికి ఆ పేరు పెట్టేరు.

నిత్యజీవితంలో ఈ ఏకస్థానుల వాడుక మనకి ప్రతిరోజూ కనిపిస్తూనే ఉంటుంది. వైద్యంలో, రోగ నిర్ణయంలో, మందుల తయారీలో, పొగ పత్తాసు (smoke detector)లలో, విద్యుత్ ఘటాలలో, అణుశక్తి ఉత్పాదక కేంద్రాలలో, ఇలా ఎన్నో చోట్ల వీటిని ఉపయోగిస్తున్నారు. ప్రకృతిలో సహజసిద్ధమైన మూలకాలు 92. వీటికి ఉరమరగా 250 సాధారణ (స్థిరత్వం ఉన్న) ఏకస్థానులు, 3200 (స్థిరత్వం లేని) వికీర్ణ ఉత్తేజిత ఏకస్థానులు ఉన్నాయి. వీటికి ఉన్న వివిధమైన లక్షణాలని వివిధ రంగాలలో విరివిగా ఉపయోగిస్తున్నారు.

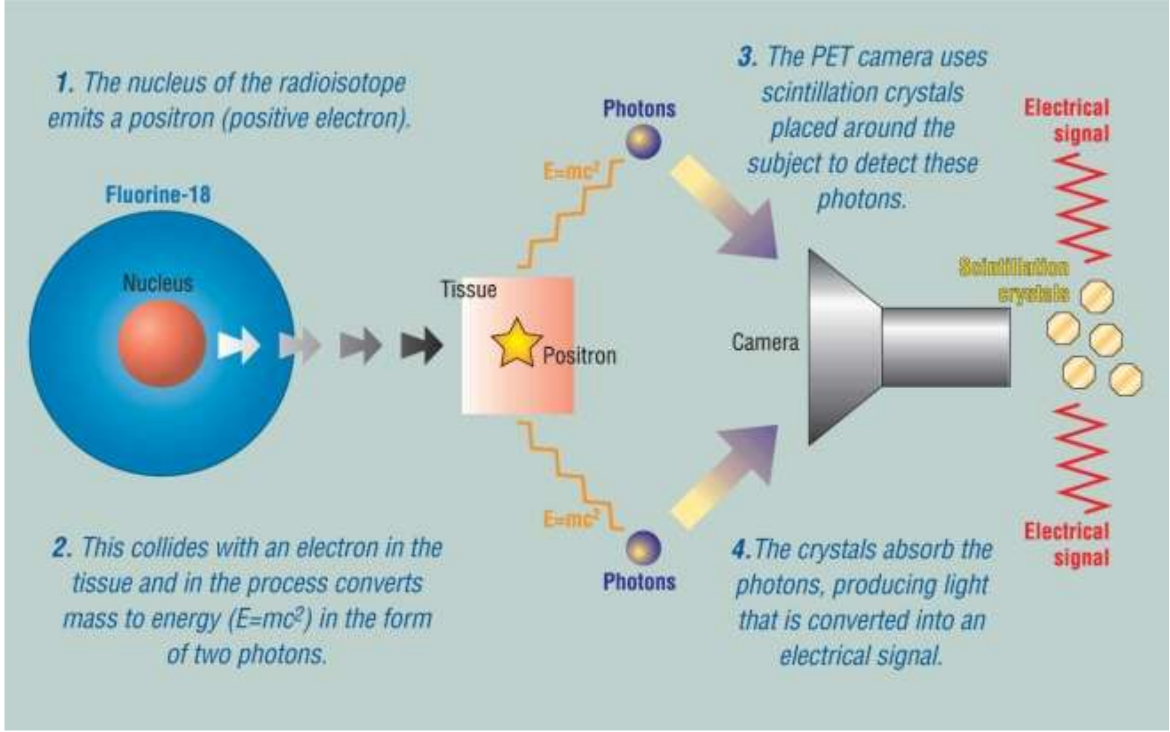
11. టోమోగ్రఫీ

కొన్ని ఏకస్థానులు (isotopes) వికీర్ణ ఉత్తేజితం (radioactivity) ప్రదర్శిస్తాయి కనుక వీటిని వికీర్ణ ఏకస్థానులు (radioisotopes) అంటారు. వీటి కేంద్రకాలలో అసాధారణమైన నూట్రానులు ఉంటాయి కనుక వీటికి స్థిరత్వం ఉండదు. స్థిరత్వం లేక గర్భం విచ్ఛిన్నం అవుతుంది. ఆ విచ్ఛిత్తిలో పోసిట్రానులు (positrons) అనే కణాలని విడుదల చేస్తాయి. ఈ పోసిట్రానులు ఎలక్ట్రానులని పోలిన పరమాణు రేణువులు (subatomic particles); ఎలక్ట్రానుకి ఋణ విద్యుదావేశం ఉంటే ఈ పోజిట్రానుకి ధన విద్యుదావేశం ఉంటుంది, వాటి గరిమలు మాత్రం సమానం. ఈ పోజిట్రాను ప్రతిపదార్థానికి (antimatter) ఒక ఉదాహరణ.

ఇప్పుడు ఈ పోజిట్రానుకి "పోజిట్రాన్ ఎమిషన్ టోమోగ్రఫీ" (Positron Emission Tomography or PET) అనే వైద్య పద్దతిలో కీలకమైన పాత్ర ఎలా వచ్చిందో చూద్దాం.

పోజిట్రానులని వికీర్ణం చేసే మూలకాలలో అయొడీన్–124 (I–124) ఒకటి. ఇది టింక్చర్ అయొడీన్ వంటి పదార్థాలలో వాడే అయొడీన్ వంటిదే; ఒకే చిన్న తేడా. అయొడీన్–124 అణుగర్భంలో ఉండవలసిన దానికంటె తక్కువ నూట్రానులు ఉన్నాయి. కనుక దీనికి వికీర్ణ ఉత్తేజిత ("రేడియో ఏక్టివ్") లక్షణాలు ఉన్నాయి.

ఒక ఉపతాపి (patient) చేత ఒక మోతాదు అయొడీన్–124 తినిపించినా, ఆ వ్యక్తి రక్తనాళాలలోకి ఎక్కించినా అది క్రమేపీ ఆ ఉపతాపి కాకళ గ్రంథి (thyroid gland) లో ప్రవేశించి అక్కడ పేరుకోవటం మొదలు పెడుతుంది. ఇది అయొడీన్ లక్షణం. ఈ అయొడీన్–124 అర్ధాయుష్షు 4 రోజులే కనుక, త్వరలోనే పోజిట్రానులని కాకళ గ్రంథిలోకి విడుదల చేస్తుంది. ఈ పోజిట్రానులు "ప్రతిపదార్థం" (antimatter) అన్న మాట మరిచిపోకండి. ఇది కాకళ గ్రంథిలోని మామూలు ఎలక్ట్రానుని ఢీకొనగానే (అనగా, పదార్థం, ప్రతిపదార్థం కలవగానే) రెండూ ఏష్యం అయిపోయి వాటిలో నిక్షిప్తంగా ఉన్న శక్తిని గామా కిరణాల రూపంలో విడుదల చేస్తాయి. ఈ గామా కిరణాలు శరీరం నుండి బయట పడ్డప్పుడు వాటిని పట్టుకుని అవి ఎక్కడనుండి ఉత్పన్నం అయేయో సాంకేతిక నిపుణులు చెప్పగలరు. ఇది పోజిట్రాన్ ఎమిషన్ టోమోగ్రఫీ లేదా "పెట్" (PET) పద్ధతిలో కీలకమైన అంశం. (బొమ్మ చూడండి.)



బొమ్మ: "పెట్" (PET) పద్ధతి పనిచేసే తీరు.

కాకళ గ్రంథిలో ఏ భాగమైనా చచ్చిపోయిన ఎడల అక్కడకి అయొడీన్ వెళ్లి పేరుకోలేదు, కనుక ఆ భాగం నుండి గామా కిరణాలు రావు. ఏ భాగమైనా అతి చురుగ్గా పని చేస్తూ ఉంటే ఆ భాగం ఎక్కువ అయొడీన్ ని పీల్చుకుంటుంది కనుక అక్కడనుండి గామా కిరణాలు ఎక్కువ వస్తాయి. ఈ తేడాలని బట్టి రోగగ్రస్థమైన భాగాలని నిర్ణయిస్తారు. ఇదే విధంగా శరీరంలో ఏ భాగానికి అయినా ఛాయాచిత్రం తీసి తనిఖీ చెయ్యవచ్చు.



బొమ్మ: మెదడులో రక్త ప్రసరణ సజావుగా ఉన్నప్పటి, లేనప్పటి పరిస్థితులలో తేడా.

12. అసలు ఆల్కహాలు, నకిలీ ఆల్కహాలు

అమెరికాలో విచిత్రమైన చట్టాలు చాల ఉన్నాయి. మనుష్యులు తాగే ఆల్కహాలు “సహజసిద్ధమైన శాకాలు, పళ్లు, ధాన్యాలు, వగైరాలతోనే కాని కృత్రిమంగా రసాయన ‘మంత్రతంత్రాలు’ ఉపయోగించి సృష్టించినది కాకూడదు” అనే చట్టం ఒకటి ఉంది. సాధారణంగా మనం తాగే ఆల్కహాలు (కల్లు, సారా, విస్కీ, బ్రాందీ, జిన్ను, వాద్కా, వగైరాలన్నీ) చెట్ల నుండి లభించే పదార్థాల ద్వారా చేస్తారు. అంటే తాటి నీరా, ద్రాక్ష, చెరకు, బియ్యం, బార్లీ, మొదలైనవి ముడి పదార్థాలుగా వాడతారు. వీటన్నిటిలోను మనకి మత్తెక్కించే అసలు పదార్థం పేరు ఆల్కహాలు. “ఒక సూర్యుండు సమస్థ జీవులకు తానొకొక్కడై తోచు పోలిక” అన్నట్లు ఈ ఒక్క ఆల్కహాలూ రకరకాల పేర్లతో, రకరకాల రంగులతో, రకరకాల ఆకారాలు ఉన్న సీసాలలో మనకి తారస పడుతూ ఉంటుంది. శాస్త్ర పరంగా ఆల్కహాళ్లల్లో అనేక రకాలు ఉన్నాయి కాబట్టి నిర్దిష్టతకి ఇక్కడ మనకి కావలసిన ఆల్కహాలు పేరు ఎతల్ ఆల్కహాలు. సౌలభ్యానికి ‘ఆల్కహాలు’ అని టూకీగా అనెద్దాం.

ఒక ఆల్కహాలు బణువులో (molecule) ఎన్ని కర్బనపు అణువులు (atoms) ఉన్నాయో, ఎన్ని ఉదజని అణువులు ఉన్నాయో, ఎన్ని ఆమ్లజని అణువులు ఉన్నాయో మనకి తెలుసు. అంతే కాదు. ఈ అణువులు ఏ అమరికలో ఉన్నాయో తెలుసు. కనుక ప్రయోగశాలలో ఆయా అణువులని చేరదీసి మనకి కావలసిన విధంగా అమర్చితే చెట్ల అవసరం లేకుండా, కృత్రిమంగా ఆల్కహాలుని సృష్టించవచ్చు. ఆ స్థోమత మనకి ఉంది. ఈ రోజుల్లో ఇదేమీ బ్రహ్మ విద్య కాదు. పట్టుని పోలిన పదార్థం నైలాను ని సృష్టించేము కదా. పట్టు చీరల కంటె నైలాను చీరలు చవక కూడా. అలాగే ఆల్కహాలుని పోలిన ఆల్కహాలుని ప్రయోగశాలలో సృష్టించవచ్చు. మూడొంతులు అసలు సరుకు కంటే ఈ “నకిలీ” సరుకుని చవగ్గా అమ్మ వచ్చు.

ఆల్కహాలుని ఇలా సృష్టించదలుచుకుంటే మనకి కావలసిన ముడి పదార్థం ముడి చమురు లేదా క్రూడ్ ఆయిల్. భూమి లోపల నుండి బయటకి తీసిన ముడి చమురుని అంశిక స్వేదనం (fractional distillation) చేసి కిరసనాయిలు, గేసలీను (పెట్రోలు), వగైరాలు తీసినట్లే ఆల్కహాలుని కూడ తయారు చెయ్య వచ్చు. ఈ పద్ధతిలో చేసిన ఆల్కహాలుని నకిలీ ఆల్కహాలు అని పిలుద్దాం. దినుసులని పులియబెట్టి చేసిన అసలు ఆల్కహాలుకీ, ఈ నకిలీ సరుకుకి రసాయనంగా కాని, రుచిలో కాని, వాసనలో గాని ఏమాత్రం తేడా ఉండదు. రెండింటిలో ఏది తాగినా ప్రాణానికేమీ అపాయం ఉండదు. రెండూ ఒకే మాదిరి “కిక్కు” ఇస్తాయి. అటువంటప్పుడు అమెరికాలో ప్రవేశపెట్టిన చట్టానికి కారణం?

అమెరికాలో ప్రవేశపెట్టిన ఈ చట్టం వల్ల రెండు లాబీ వర్గాలకి లాభం ఉంది. “బజారులో ఆల్కహాలు సరఫరా తక్కువగా ఉంటే ధర పెరిగి అందరికీ అందుబాటులో ఉండదు కనుక ప్రజలు తాగుడు తగ్గిస్తారు” అన్న ఆశావాదుల లాబీ ఒకటి. ఖనిజపు చమురుకి సంబంధించిన వ్యాపార వర్గాల నుండి ఆల్కహాలు పోటీకి రాకపోతే “అసలు ఆల్కహాలు” అమ్మే వ్యాపారులకి లాభదాయికం అని ఆశించే వర్గం మరొకటి. అందుకని ప్రభుత్వం ఈ చట్టం తీసుకు వచ్చినప్పుడు ఇరు పక్షాలవారూ సంతోషించేరు. లేదా, ఇరు పక్షాల ప్రోద్బలం వల్లనే ప్రభుత్వం ఈ చట్టం అమలులోకి తీసుకురాగలిగింది అని మనం అనుకోవచ్చు!

ఈ చట్టం అమలులో పెట్టటం ఎలా? “అసలు” ఆల్కహాలుకీ “నకిలీ” ఆల్కహాలుకీ తేడా లేకపోతే నకిలీ ఆల్కహాలుని తయారు చేసేవాళ్లని పట్టుకుని శిక్షించటం ఎలా? పోలీసులు శాస్త్రవేత్తలని సంప్రదించేరు. ఈ తేడాని పసిగట్టటానికి ఒకటే కీలక సూత్రం ఉంది. అసలు ఆల్కహాలులో అతి కొద్ది మోతాదులో వికీర్ణ ఉత్తేజితం (radioactivity) ఉంటుంది. ఇదెలాగంటే, అసలు ఆల్కహాలు ముడి పదార్థం మొక్కలు కనుక అసలు ఆల్కహాలులో ఉన్న కర్బనం మొక్కలనుండి సంక్రమిస్తుంది. మొక్కలలోకి కర్బనం వాతావరణంలోని బొగ్గుపులుసు వాయువు నుండి సంక్రమిస్తుంది. వాతావరణంలో ఉన్న బొగ్గుపులుసు వాయువులో ఉండే కర్బనంలో అతి స్వల్ప మోతాదులో వికీర్ణ ఉత్తేజితమైన కర్బనం-14 (radioactive Carbon-14) ఉంటుంది. ఈ కర్బనం-14 ఉనికిని ప్రయోగశాలలో శాస్త్రవేత్తలు పట్టుకోకలరు.

నేల లోంచి తీసిన రాతి చమురు (పెట్రోలియం) కూడ మొక్కల నుండి వచ్చినదే. కాని ఈ మొక్కలు ఎప్పుడో 100 మిలియను సంవత్సరాల కిందటి రోజుల్లో భూమి మీద బతికినవి. ఇవి చచ్చి, భూగర్భంలో పాతుకుపోయిన కొత్త రోజుల్లో ఇవి కూడ వికీర్ణ ఉత్తేజితాన్ని ప్రదర్శించే ఉంటాయి. కాని కర్బనం-14 అర్ధాయుస్షు 5,700 సంవత్సరాలు కనుక వాటి శక్తి ప్రతి 5,700 సంవత్సరాలకి సగం తగ్గుతూ 50 దశలలో, అనగా 300,000 సంవత్సరాలు గతించేసరికి, లేశం కూడ ఉండకుండా నశించిపోయి ఉంటాయి. అందుచేత రాతి చమురు (crude oil) కి రేడియో ఏక్టివిటీ ఉండదు.

కల్తీ వ్యాపారం చేసే వాడి “శతకోటి దరిద్రాలకి” అనంతకోటి ఉపాయాలు ఉంటాయి. వాడు నల్ల బాజారులో కర్బనం-14 కొని నకిలీ ఆల్కహాలులో కలపొచ్చు. కాని బజారులో కర్బనం-14 కొనుక్కోవటం అంత సులభం కాదు. మోసం చెయ్యడానికి మరొక ఉపాయం ఏమిటంటే అసలు ఆల్కహాలుని కొద్దిగా నకిలీ

ఆల్కహాలులో కలపొచ్చు. అప్పుడు అసలు ఆల్కహాలు యొక్క రేడియో ఏక్టివిటీ కొంచెం నకిలీ సరుకుకి అంటుకుని అసలు దానిలాగే కనిపిస్తుంది.

ఈ రకం "అవిడియాలు" కావాలంటే మా ఊరు వర్తకులని అడగండి, చెబుతారు. పప్పులోనూ, బియ్యంలోనూ కలపటానికి వీలయిన సైజులో రాళ్లు మా ఊరు దగ్గర ఉన్న పెంటకోట రేవు నుండే ఎగుమతి అయేవని చెబుతారు. ఈ నిజాయతీకి నిదర్శనంగా పెంటకోట సముద్రపుటొడ్డున శిధిలమయిన దీపస్తంభం ఒకటి ఉండేది – నా చిన్న తనంలో!

13. భౌతిక శాస్త్రంలో మాటల అర్థాలు

భౌతిక శాస్త్రంలో మనం నిత్య జీవితంలో వాడుకునే మామూలు మాటలని కొన్నింటిని ప్రత్యేకమైన అర్థాలతో వాడతారు. అవేమిటో చూద్దాం.

1. పని (work)

ఉదాహరణకి work అనే మాటనే తీసుకుందాం. ఈ మాటని 'పని' అని తెలిగించవచ్చు. అంటే ఇంటిపని కావచ్చు, కూలిపని కావచ్చు, బట్ట నలగకుండా చేసే ఉద్యోగం కావచ్చు. కాని శాస్త్రంలో ఈ మాటకి, తత్సంబంధమైన ఫోర్స్ (force), ఎనర్జి (energy), పవర్ (power), మొదలైన ఇతర మాటలకి నిర్దిష్టమైన ప్రత్యేక అర్థాలు ఉన్నాయి.

ఒక వస్తువు మీద బలం (force) ప్రయోగించినప్పుడు పని (work) జరుగుతుంది. పట్టాల మీద ఉన్న ఒక రైలు పెట్టెకి తాడు కట్టి లాగేమనుకుందాం. అప్పుడు మనం ఉపయోగించిన బలం ఎంతో కొలిచి, పెట్టె ఎంత దూరం కదిలిందో కొలిచి, ఈ రెండు కొలతలు (measurements) గుణిస్తే జరిగిన పని ఎంతో తెలుస్తుంది. ఈ పెట్టెని 'బ' అంత విలువ గల బలం తో లాగితే అది 'దూ' అనేంత దూరం కదిలిందని అనుకుందాం. ఇప్పుడు మనం చేసిన పరిశ్రమ వల్ల 'ప' అంత పని (work) జరిగిందని అంటాం. ఇదే విషయాన్ని ఒక గణిత సమీకరణం రూపంలో రాయవచ్చు:

జరిగిన పని = ప్రయోగించిన బలం x కదలిన దూరం

లేదా, టూకీగా

పని = బలం x దూరం (Work = Force x Distance)

లేదా, ఇంకా టూకీగా

ప = బ x దూ (W = F x d)

బలాన్ని కొలవడానికి నూటన్ (Newton) అనే కొలతాంశం (measurement unit) వాడతారు. దూరాన్ని కొలవడానికి మీటరు (meter) అనే కొలతాంశాన్ని వాడతారు. కనుక జరిగిన పనిని సూచించడానికి నూటన్ మీటరు (Newton meter) అనే కొలతాంశాన్ని వాడతారు. మనం పెట్టె మీద ప్రయోగించిన బలం 50 నూటన్లు అయి, ఆ పెట్టె 5 మీటర్లు కదిలితే జరిగిన పని

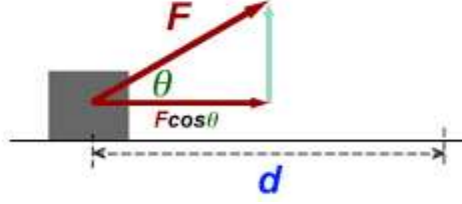
50 నూటన్లు x 5 మీటర్లు = 250 నూటన్ మీటర్లు అవుతుంది.

చూశారా! ఇక్కడ పని, బలం, దూరం అనే మాటలు ప్రత్యేకమైన అర్థాలు సంతరించుకున్నాయి. ఈ అర్థాలని పరిస్ఫుటం చెయ్యటానికి రెండు విషయాలు గమనిద్దాం. ఒకటి, రైలుపెట్టె పట్టాల మీద ఉంది కనుక అది ఒకే ఒక దిశలో కదలగలదు. ఏ దిశలో? పట్టాలు ఉన్న దిశలో. కనుక మనం ఇచ్చే 'లాగుడు' (pull) కూడ అదే దిశలో ఉండాలి. రెండు, ఈ సందర్భంలో జరిగిన పనిని కొలవడానికి ఒక కొలతాంశం (measuring unit) కావలసి ఉంటుంది. ఈ సందర్భంలో మనకి అనుకూలమైన కొలతాంశం పేరు నూటన్ మీటరు. బియ్యాన్ని 'కుంచం'తో కొలిచినట్లే పనిని 'నూటన్ మీటరు' తో కొలుస్తారు. (ఈ 'నూటన్ మీటరు' కి మొదట్లో 'జూల్' (Joule) అనే పేరు కూడా ఉండేది.) ఒక కిలోగ్రాము గరిమ ఉన్న వస్తువుని ఒక నూటన్ పరిమాణం ఉన్న బలాన్ని ఉపయోగించి ఒక మీటరు దూరం కదిపితే ఒక 'నూటన్ మీటరు,' లేదా ఒక జూలు, పని జరుగుతుంది. కదలిక లేకపోతే పని జరగదు. పని జరగాలంటే బలం ఉపయోగించి కదలిక చూపించాలి.

ఇప్పుడు మనం పెట్టెకి కట్టిన తాడుని రైలు పట్టాలకి సమాంతరంగా కాకుండా కొంచెం ఏటవాలుగా, ϑ డిగ్రీలు ఉండేలా, పట్టుకుని ఇందాకటి బలం (F) తోటే లాగేమనుకుందాం. అప్పుడు, నిజానికి రైలు పెట్టె మీద పడే బలం $F \cos \vartheta$ ప్రాప్తికే ఉంటుంది కనుక ఇప్పుడు జరిగిన పని (బొమ్మ చూడండి):

ప = బ x దూ x cos ϑ $(W = F \times d \times \cos \vartheta)$

$$W = Fd\cos\theta$$



బొమ్మ: ప్రయోగించిన బలం, కదిలే దూరం ఒకే దిశలో లేనప్పుడు జరిగిన పని ఎంతో చెప్పే గణిత సూత్రం

2. బలం (force)

ఇప్పుడు ఫోర్స్ (force) అన్న మాట సంగతి చూద్దాం. ఫోర్స్ (force) అన్న మాటకి బలం అన్న మాటని సమానార్థకంగా వాడేము కనుక గురుత్వాకర్షక బలం అంటే gravitational force, విద్యుదయస్కాంత బలం అంటే electromagnetic force.

3. శక్తి (energy)

ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రంలో 'ఎనర్జీ' (energy) అనే ఇంగ్లీషు మాటకి శక్తి అని తెలుగులో అర్థం చెప్పుకోవచ్చు. 'ఎనర్జీ' అన్న మాట "ఎర్గోస్" (ergos) అనే గ్రీకు పదం నుండి పుట్టింది. 'ఎనర్జీ' అన్న మాట 1807లో వాడుకలోకి వచ్చింది. అంతకు పూర్వం ఈ భావాన్ని విస్ వివా (vis viva) అనేవారు. శక్తికి ఒక నిర్దిష్టమైన రూపు లేదు. ఇది అనేక రూపాల్లో ద్యోతకం అవుతూ ఉంటుంది. ప్రహ్లాదుడు చెప్పినట్లు, "ఇందుగలదందు లేదని సందేహము వలదు, ఎందెందు వెదకి జూచిన అందందే గలదు శక్తి" అని చెప్పవచ్చు. మానవుడు అనాది కాలం నుండి శక్తిని వాడుకోవడం నేర్చుకున్నా, శక్తి యొక్క నిజమైన రూపు రేఖలు సా శ 16–17 శతాబ్దాల వరకు మనకి అర్థం కాలేదు.

కృషితో నాస్తి దుర్భిక్షం అన్నట్లు ఏ గమ్యం చేరుకోవాలన్నా పని చెయ్యాలి. పని జరగాలంటే శక్తి కావాలి. చూసారా! మనం మొదట్లో ప్రస్తావించిన "పని" కి ఇక్కడ చెప్పుకుంటున్న "శక్తి" కి చాల దగ్గర సంబంధం ఉంది. నిజానికి పని చెయ్యగలిగిన స్తోమత (capacity) నే "శక్తి" అని నిర్వచించారు శాస్త్రవేత్తలు. పని

ఎక్కువ సేపు చెయ్యాలంటే ఎక్కువ స్థోమత ఉండాలి. ఈ విషయాన్నే ఈ దిగువ చూపిన సమీకరణం ద్వారా తెలియజేస్తారు.

శక్తి = పని x కాలం (Energy = Work x Time)

'ఎనర్జీ' లేదా శక్తి అంటే పని చెయ్యగలిగే ఓపిక, సమర్ధత లేక స్థోమత (capacity). పని యొక్క కొలమానం వాట్ కనుకనున్ను, కాలం కొలమానం సెకండు కనుకనున్నూ శక్తి కొలమానం వాట్-సెకండు అవుతుంది. పని గంట (hour) సేపు జరిగితే శక్తి వాట్-అవర్ అవుతుంది. (శక్తిని కొలవడానికి కూడ జూల్ అనే కొలతాంశాన్ని వాడతారు.)

4. పాటవం (power)

పవర్ (power) ని పాటవం అని పిలవచ్చు. పని ఎంత జోరుగా జరుగుతోందో చెబుతుంది ఇది. పని తొందరగా జరగాలంటే శక్తి తొందరగా లభించాలి. ఒక మనిషి కాని, యంత్రం కాని ఒక సెకండులో ఎంత శక్తిని విడుదల చెయ్యగలదో దానిని బట్టి ఆ శాల్తీ ఆ పనిని ఎంత తొందరగా చెయ్యగలదో తెలుస్తుంది. ఈ లక్షణాన్ని పాటవం (power) అందాం. పాటవాన్ని కొలవడానికి వాట్ (Watt) అనే కొలతాంశం వాడతారు.

పూర్వం "అశ్వ పాటవం" (horse power) అనే కొలతాంశం వాడేవారు. ఈ రోజుల్లో మనం తోలే కార్లు ఒక స్థిరమైన వేగంతో నడుస్తూన్నప్పుడు సుమారు 20 అశ్వపాటవాలు ఉపయోగిస్తాయి. ఎదట ఉన్న కారుని దాటుకుని ముందుకి జోరుగా దూసుకు వెళ్లవలసి వచ్చినప్పుడు కారు త్వరణాన్ని జోరుగా పెంచాలి కనుక ఆ సమయంలో 100 అశ్వపాటవాలు కావలసి ఉంటుంది.

పాటవం = పని÷కాలం (Power = Work ÷ Time)

విద్యుత్ దీపాల పాటవం ఇన్ని వాట్లు అని చెబుతాము కదా. అరవై వాట్లు పాటవం ఉన్న బుడ్డి 30 రోజులు వెలిగితే మనం ఎంత విద్యుత్తు ఖర్చు పెట్టినట్లు?

60 వాట్లు x 30 రోజులు x 24 గంటలు/రోజుకి = 43,200 వాట్-గంటలు = 43.2 కిలో వాట్ గంటలు (వీటినే మన దేశంలో యూనిట్లు అంటాం.)

5. సత్వం (strength)

భౌతిక శాస్త్రంలో బలం అంటే force అని నిర్ధారించేము కనుక strength కి మనం మరొక మాట వెతుక్కోవాలి. భౌతిక శాస్త్రంలో strength అంటే బల ప్రయోగం జరిగినప్పుడు ఉన్న ఆకారం చెదిరిపోకుండా నిలబెట్టుకోగలిగే స్థోమత. బల ప్రయోగం అంటే గట్టిగా నొక్కి గుండ-పిండి చెయ్యడం కావచ్చు లేదా సాగదియ్యడం కావచ్చు. ఈ భావానికి, ప్రస్తుతానికి, సత్వం, సత్తువ, త్రాణ, దిట్టతనం వంటి మాటలని వాడి చూద్దాం.

14. బొగ్గు వాడకం

విద్యుత్తుని ఉత్పాదించే కేంద్రాలలో శిలాజ ఇంధనాలని (fossil fuels) మండించే వ్యవస్థకి ప్రపంచ వ్యాప్తంగా చాల ముఖ్యమైన పాత్ర ఉంది. శిలాజ ఇంధనాలు అంటే రాక్షసి బొగ్గు లేదా నేలబొగ్గు (coal), ముడి చమురు (petroleum), సహజ వాయువు (natural gas) మొదలైనవి. ఈ కేంద్రాలు చేసే పని ఏమిటంటే ఇంధనాన్ని మండించగా వచ్చిన వేడిని (వేడి రూపంలో ఉన్న శక్తిని) యంత్ర శక్తిగా మార్చి, అప్పుడు దానిని విద్యుత్తుగా మార్చుతాయి. ఇది సమర్థవంతమైన ప్రక్రియ కాకపోయినా గత్యంతరం లేక ఈ కంపుకొట్టే, కల్మషాలతో నిండిన బొగ్గని కాల్చి దాని పర్యవసానం అనుభవిస్తున్నాం. ఉదాహరణకి దిగువ పట్టికలో ఇచ్చిన 2012 గణాంకాల ప్రకారం ప్రపంచ వ్యాప్తంగా విద్యుత్తుని పుట్టించడానికి వాడే ఇంధనాల వాటాలు ఎలా ఉన్నాయో చూడండి.

నేలబొగ్గు	40.4%
సహజ వాయువు	22.5%
ఖనిజ తైలం	5%
అణుశక్తి	10.9%
పునరోత్పాదకాలు (జల, వాయు, సూర్య, జీవ, భూగర్భ వనరులు)	21.2%

ఈ జాబితాలో మొదటి మూడు ఇంధనాలని వాడడం వల్ల వేడితోపాటు కార్బన్^ డై ఆక్సైడ్^ అనే కల్మష వాయువు కూడ పుడుతుంది. ఇది వాతావరణాన్ని కల్మష పరచడమే కాకుండా భూగోళాన్ని వేడెక్కిస్తుంది. అందుకని బొగ్గని కాల్చడం తగ్గించమని అంటున్నారు. ఈ కార్బన్^ డై ఆక్సైడ్^ ని ఏయేదేశాలు ఎంతెంతగా ఉత్పాదిస్తున్నాయో ఈ దిగువ పట్టికలో చూపెడుతున్నాను (2012 గణాంకాలు). ఈ గణాంకాలలో సింహ భాగం బొగ్గు వాడకం వల్లనే!

చైనా	4,101 మిలియను టన్నులు
అమెరికా	2,086 మిలియను టన్నులు
ఇండియా	1,044 మిలియను టన్నులు
రష్యా	932 మిలియను టన్నులు
జపాను	566 మిలియను టన్నులు

ఈ గణాంకాలు చూస్తే బొగ్గుని వాడి మన భూగోళపు వాతావరణాన్ని పాడుచేస్తూన్న దేశాలలో అగ్రస్థానం చైనాది, రెండవ స్థానం అమెరికాది. ఈ రెండు దేశాలు కలిసి చేస్తూన్న కాలుష్యంలో ఆరో వంతు భారత దేశానిది.

మరొక కోణం:

అమెరికా సంయుక్త రాష్ట్రాలలో ఉత్పత్తి అయే విద్యుత్తులో 45 శాతం బొగ్గుని కాల్చగా వస్తోంది. అమెరికాలో బొగ్గు నుండి 1,000 వాట్ల విద్యుత్తుని ఉత్పత్తి చెయ్యటానికి 1,000 డాలర్లు దాటి ఖర్చు పెట్టవలసి వస్తోంది. (ధాన్యాన్ని బస్తాలు తో కొలిచినట్లే విద్యుత్తుని "వాట్లు" తో కొలుస్తారు.)

చిన్న లెక్క వేసి చూపెడతాను. ఒక గిగావాట్ (అంటే బిలియన్ లేదా 1,000,000,000 వాట్లు) సామర్ధ్యం ఉన్న విద్యుత్ కేంద్రం మిలియన్ (అంటే 1,000,000) అమెరికా ఇళ్లకి సరిపడే విద్యుత్తుని పుట్టించగలదు. (అమెరికాలో ఒకొక్క ఇంటికి సగటున 1,000 వాట్ లు అవసరం ఉంటుందని ఊహించుకుంటున్నాను.) ఇటువంటి ఒక గిగావాట్ సామర్ధ్యం ఉన్న విద్యుత్ కేంద్రం ప్రతి 7 క్షణాలకి (సెకండ్లకి) ఒక టన్ను చొప్పున నేలబొగ్గుని స్వాహా చేస్తుంది. ఒక టన్నులో మిలియను గ్రాములు ఉన్నాయి కనుక, ప్రతి ఇంటి అవసరాలకి 7 క్షణాలకి ఒక గ్రాము బొగ్గు ఖర్చు అవుతోందన్నమాట. "ఓస్! ఇంతే కదా, ఇది అత్యల్పం" అని మనం అనుకోవచ్చు. ఇప్పుడు ఇదే లెక్కని మరో కోణంలో చూద్దాం.

పైన చెప్పిన విద్యుత్ కేంద్రం ప్రతి 7 క్షణాలలో 1 టన్ను బొగ్గుని కాల్చి, 3 టన్నుల కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ (సిఒ2) వాయువుని గాలిలోకి విడుదల చేస్తోంది. ఇది మన మనుగడకే ఎసరు పెట్టగల సామర్ధ్యం ఉన్న హరితగృహ వాయువు!

ఈ సందర్భంలో సిఒ2 అంటే ఏమిటో తెలుగులో చెప్పనివ్వండి. ఆక్సైడ్ అంటే భస్మం. మనకి తామ్ర భస్మం, సువర్ణ భస్మం వంటి మాటలు చిరపరిచితాలే. ఉదజని వాయువుని ఆమ్లజని సమక్షంలో మండించగా మిగిలిన భస్మమే (హైడ్రోజన్ ఆక్సైడ్) నీరు! కర్బనాన్ని మండించినప్పుడు రకరకాల భస్మాలు వస్తాయి; ఘన రూపంలో ఉన్న భస్మం మనకి పరిచయమైన నుసి, మసి (ash, soot) మొదలైనవి. వాయు రూపంలో రెండు రకాల కార్బన భస్మాలు ఉన్నాయి; ఒక దానిని కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ లేదా "సిఒ2" లేదా "కర్బన దో భస్మం" (కదోభ) అంటాం, రెండవ దానిని కార్బన్ మోనో ఆక్సైడ్ లేదా "సిఒ" లేదా "కర్బన ఏక భస్మం" (కఏభ) అంటాం.

ఒక టన్ను బొగ్గు లోంచి 3 టన్నుల "సిఒ2" ఎలా వచ్చింది? కార్బన్ డై ఆక్సయిడ్ లేదా "కర్బన దో భస్మం" (కదోభ, CO2) బణువు (molecule) లో ఒక కర్బనం అణువు, రెండు ఆమ్లజని అణువులు ఉంటాయి. కర్బనం అణువు, ఆమ్లజని అణువు ఒకే "గరిమ" (mass) తో ఉండవు కాని లెక్క సౌలభ్యం కోసం ఒకటే అనుకుందాం. అప్పుడు ఒక కార్బన దో భస్మం బణువు గరిమ ఒక కర్బనం అణువు గరిమ కంటె మూడింతలు ఉంటుంది కదా! అందువల్ల మనం కాల్చిన బొగ్గు ఒక టన్నే అయినా మనకి మిగిలే సిఒ2 మూడు టన్నులు! .

పై లెక్క ప్రకారం మనం బొగ్గు కాల్చటం వల్ల వ్యష్టిగా పర్యావరణానికి చేసే హాని తక్కువే కావచ్చు, కాని సమష్టిగా విపరీతమైన హాని కలుగజేస్తున్నాం. ఈ విషయం తెలిసి కూడ మనం భారతదేశంలో శిలాజ ఇంధనాలని ఎంత నిర్లిప్తంగా, బాధ్యతారహితంగా వాడుతున్నామో చూపెడతాను.

ప్రపంచం జనాభా 7 బిలియన్లు. ఈ జనాభాలో ప్రతి ఆరవ వ్యక్తి భారతీయుడే. భారతదేశంలో మన అవసరాలకి సా. శ. 2010 లో 160 గిగా వాట్ల విద్యుత్తు ఉత్పత్తి చేసేమని గణాంకాలు చెబుతున్నాయి. ఇందులో 50 శాతం బొగ్గు కాల్చడం వల్లనే ఉత్పత్తి అవుతోంది. బొగ్గు, చమురు, సహజవాయువు దిగుమతి చేసుకోకపోతే మనకి రోజు గడవదు. టన్ను ఒక్కంటికి 30 డాలర్లు చొప్పున, ఏడాదికి 3 బిలియను డాలర్లు వెచ్చించి దరిదాపు 100 మిలియను టన్నుల బొగ్గు దిగుమతి చేసుకుంటున్నాం. ఈ బొగ్గు కాలినప్పుడు ఎంత

కల్మషం వాతావరణంలోకి విడుదల అవుతుందో, అది మన ఆరోగ్యానికి ఎంత భంగకరమో లెక్కవేసి చూసే బాధ్యత చదువరులకే వదలిపెడుతున్నాను.

ఈ సమస్యని మరొక కోణం నుండి చూద్దాం. గణాంకాల ప్రకారం, 2014 లో సిఒ2 ఉద్గమనాలు (emissions) పెరిగిన దేశాలలో భారత దేశానిది ప్రథమ స్థానం. అమెరికా 53 మిలియను టన్నులు, చైనా 85 మిలియను టన్నులు ఉద్గారిస్తే భారత దేశం 157 మిలియను టన్నుల సిఒ2ని ఉద్గారించింది. పోల్చి చూస్తే భారతదేశపు ఆర్థిక వ్యవస్థ అమెరికాలో పదవ వంతు మాత్రమే అయినప్పటికీ మన దేశంలో సిఒ2 ఉద్గారణ అమెరికా కంటె మూడింతలు ఎక్కువ. ఇప్పుడే పరిస్థితి ఇంత అన్యాయంగా ఉంటే రేపు మనం పారిశ్రామికంగా అభివృద్ధి చెందిన తరువాత మన పర్యావరణం ఎంతగా పాడవబోతోందో పాఠకులు ఊహించుకోగలరు! (ఉహించుకోలేని పాఠకులు మన దేశపు రాజధాని ఢిల్లీ ఒకసారి సందర్శించి రాండి!)

15. బేటరీలు

బేటరీలు అంటే తెలియని వారు అరుదు. టార్చి లైటులో బేటరీలు వాడతాం. పిల్లల ఆటబొమ్మలలో బేటరీలు వాడతాం. కెమేరాలలో, చేతి వాచీలలో, కంప్యూటర్లలో, సెల్ ఫోనులలో, ఇలా ఎన్ని చోట్లో బేటరీలు వాడతాం. కారులో బేటరీ అత్యవసరం.

బేటరీ అనే మాటకి చాల అర్థాలు ఉన్నాయి. అసలు బేటరీ అంటే "హాని కలిగించే ఉద్దేశంతో మరొక వ్యక్తిని తాకడం" అని రూఢ్యర్థం. ఇంగ్లీషులో "ఎస్సాల్ట్ అండ్ బేటరీ" (assault and battery) అంటే "హాని కలిగిస్తానని బెదిరించడం, తాకటం, కొట్టడం" అని అర్థం. ఫిరంగిలని వరసగా అమర్చి కోటగోడలని బాది బద్దలు కొట్టేవారు కనుక బారులు తీర్చిన ఆ ఫిరంగులని క్లుప్తంగా "బేటరీ" అన్నాడు – బెంజమిన్ ఫ్రేంక్లిన్. ఈ మహానుభావుడే విద్యుత్తుని నిల్వ చెయ్యటానికి – మన ఆవకాయ జాడీల వంటి జాడీలని – వరసగా పేర్చి ఆ "లైడెన్ జాడీ" (లైడెన్ అనే పేరు గల ఊళ్ళో కొన్న జాడీ) ల వరసని కూడ "బేటరీ" అనే అన్నాడు. ఆ మాటే బంకనక్కిరికాయలా ఇంకా మనల్ని పట్టుకుని వేల్లాడుతోంది.

రసాయనిక ప్రక్రియల వల్ల విద్యుత్తుని పుట్టించే ఉపకరణాన్ని "సెల్" (cell) అంటారు. కనుక మనం "సెల్" ని జాడీ (లేదా, కుండ లేదా ఘటం) అనిన్నీ, వరసగా అమర్చిన జాడీలని "బేటరీ" లేదా ఘటమాల అనిన్నీ అనొచ్చు. వాడుకలో – ఇంగ్లీషులోను, తెలుగులోనూ కూడ – ఈ సూక్ష్మాన్ని విస్మరించి అందరు "బేటరీ" అనేస్తారు; ఒక ఘటం ఉన్నా బేటరీయే, పది ఘటాల దండ అయినా బేటరీయే, పదివేల ఘటాల దండ అయినా బేటరీయే. ఎక్కువ శక్తి కావాలనుకుంటే దండని పెద్దగా చేస్తాం.

ఏ పేరుతో పిలిచినా, ఏ భాషలో పిలిచినా, బేటరీలు చాల ఖరీదు; అయినా అవి ఇచ్చే సదుపాయం వల్ల వాటి ధరని పట్టించుకోకుండా ఎన్నో చోట్ల బేటరీలు వాడతాం. ఉదాహరణకి కరెంటు పోయినప్పుడు ఘటమాల (బేటరీ) ఉన్న కరదీపికో, కొవ్వొత్తో శరణ్యం. ఒక చిన్న AAA సైజు ఘటం ఒకటిన్నర డాలర్లు ఉంటుంది, అమెరికాలో. అది పని చేసినంతసేపు 1.5 వోల్టులు దగ్గర 1.0 ఏంపియరు కరెంటు ఇస్తుంది. ఇలా ఒక గంట సేపు పని చేస్తుంది. అంటే ఆ బేటరీ 1.5 వోల్టులు x 1.0 ఏంపియరు = 1.5 వాట్ ల సామర్థ్యాన్ని (పవర్) లేదా 1.5 వాట్ గంటల శక్తి (ఎనర్జీ) ని ఇస్తుంది. అనగా 1.5 వాట్ గంటల శక్తి కోసం ఒకటిన్నర డాలర్లు ఖర్చు అవుతోందన్నమాట లేదా "వాట్-గంట" కి డాలరు ఖర్చు పెట్టాలి. ఈ లెక్కని వెయ్యి వాట్-గంటలు

(ఒక కిలో వాట్-అవర్ లేదా యూనిట్) కావాలంటే 1,000 డాలర్లు ఖర్చు పెట్టాలి. అమెరికాలో ఎలక్ట్రిక్ కంపెనీ నుండి ఒక కిలోవాట్-అవర్ విద్యుత్తుని కొనుక్కోవాలంటే 10 పైసలు అవుతుంది. పది పైసలకి దొరికే విద్యుత్తుని బేటరీ ద్వారా పొందాలంటే వెయ్యి డాలర్లు వెచ్చించాలి. గోడ మీద ప్లగ్గులో దొరికే విద్యుత్తుతో పోల్చితే బేటరీ విద్యుత్తు 10,000 రెట్లు ఎక్కువ ఖరీదు. ఇదే రకం లెక్క భారతీయ పరిస్థితులకి కూడా వెయ్యడం కష్టం కాదు.

ఈ రోజుల్లో భారీ ఎత్తున బేటరీల వాడకం రెండు రంగాల్లో కనిపిస్తోంది: సెల్ ఫోనులు, విద్యుత్ కారులు. సెల్ ఫోనులలో ప్రస్తుతం వాడుకలో ఉన్న లిథియం-అయాను బేటరీలతో పెద్ద ఇబ్బంది ఏమిటంటే ఈ జాతి బేటరీలో ఊట (juice లేదా charge) కొద్ది గంటలకి మించి ఉండదు; తరచుగా ఛార్జి చేసుకుంటూ (ఊరబెడుతూ?) ఉండాలి. బేటరీలో ఊట కనీసం ఒక వారం రోజులపాటు నిలవగలిగితే బాగుంటుంది కదా. ఈ మధ్య కొత్తగా వస్తూన్న గ్రాఫీన్ (Graphene) బేటరీలు ఈ కోరికని తీర్చేటట్లు ఉన్నాయి.

గ్రాఫీన్ అనేది ఒక కొత్త రకం పదార్థం. మనకి బాగా పరిచితమైన పదార్థం బొగ్గు. ఈ బొగ్గులో ఉండే ముఖ్యమైన రసాయన మూలకం పేరు కర్బనం (carbon). ఈ కర్బనం అనేక రూపాలలో మనకి కనిపిస్తూ ఉంటుంది. ఈ రూపాలలో ఒక దాని పేరు గ్రాఫైట్ (graphite). మనం నిత్యం వాడుకునే పెనిసిల్ ములుకులలో ఉండే నల్లని పదార్థం ఈ గ్రాఫైటే! ఈ గ్రాఫైట్ లోని కర్బనం అణువులు మూడు దిశలలో (అనగా పొడుగు, వెడల్పు, మందం) మోహరించి ఉంటాయి. ఇటువంటి గ్రాఫైట్ దిమ్మ నుండి అతి పలచని పొరని విడదీసేమనుకొండి. ఈ పొర ఎంత పలచన అంటే దీని మందం ఒక "అణువు మేర" మాత్రమే ఉంటుంది. అటువంటి – అనగా, రెండు దిశలలో మాత్రమే మోహరించి ఉన్న గ్రాఫైట్ – పొరని గ్రాఫీన్ (graphene) అంటారు. ఇలా కృత్రిమంగా తయారయిన గ్రాఫీన్ రేకులు (పూతరేకులు మాదిరి!) పలచగా ఉండటమే కాకుండా ఎంతో బలిష్టంగా కూడా ఉంటాయి. పైపెచ్చు ఈ పలచటి రేకులకి విద్యుత్ వాహకత (electrical conductivity), తాప వాహకత (heat conductivity) బాగా ఎక్కువ. ఇటువంటి పలచటి రేకులతో మేలు రకం విద్యుత్ ధారణి (electrical capacitor) లని తయారు చేసి వాటిని బేటరీలుగా వాడవచ్చు. ఈ మేలు రకం బేటరీలని త్వరగా ఛార్జి చెయ్యవచ్చు. తాప వాహకత ఎక్కువ కనుక ఇవి త్వరగా వేడెక్కిపోవు. గ్రాఫీను చాల తేలిక కనుక గ్రాఫీను బేటరీల బరువుకూడా తక్కువే.

విద్యుత్ కారులు (electric cars) వాడుకలోకి రాలేక పోవటానికి ముఖ్య కారణాలు రెండు: (1) బేటరీ ఖరీదు, (2) బేటరీని ఛార్జి చెయ్యడానికి ఎక్కువ కాలం పట్టడం. గ్రాఫీను బేటరీలు ఇంకా కొత్తవి కనుక చవక కాదు. కానీ వీటిని ఛార్జి చెయ్యడానికి ఎక్కువ కాలం పట్టదు.

బేటరీలని పదేపదే "చార్జి" (charge) చెయ్యగలిగితే కొంత ఊరట ఉంటుంది. కాని ఎంత మంచి బేటరీని అయినా 500 సార్లు కంటె ఎక్కువ "రీచార్జి" చెయ్యటం కష్టం అవుతోంది. పోనీ కొద్ది సార్లు వాడి పారేద్దామా అంటే ఉన్న బేటరీని పారేసి కొత్త బేటరీని కొనుక్కోవాలంటే అదీ ఖరీదే. అంతకంటె పెట్రోలు పోసి నడపటం తేలిక, చవకాను.

మనం ప్రస్తుతం కారులని స్టార్టు చెయ్యటానికి వాడే బేటరీలని "సీసామ్లం" ఘటమాలలు (lead-acid batteries) అంటారు. ఇవి కంప్యూటర్లలో వాడే లిథియం-అయాను (lithium-ion) బేటరీల కంటె చవక. ఈ బేటరీలని కారు స్టార్టు చెయ్యటానికే కాకుండా నడపటానికి కూడ వాడగలిగితే బాగుండిపోయేది. కాని ఈ రకం సీసం-ఆమ్లం బేటరీల "శక్తి సాంద్రత" (energy density) తక్కువ. ఇదే విషయం మరొకలా చెబుతాను. ఒక సీసామ్లం బేటరిలో ఉన్న శక్తి సాంద్రత కంటె అదే బరువున్న లిథియం-అయాను బేటరీలో ఐదు రెట్లు ఎక్కువ శక్తి సాంద్రత ఉంది. ఇందువల్ల సీసామ్లం బేటరీలు వాడి ఎక్కువ దూరం కారు నడపలేము. ఏ 80 కిలోమీటర్లో నడిచేసరికి "చార్జి" అయిపోతుంది. నడపగలిగే దూరం పెంచాలంటే ఎక్కువ బేటరీలు వాడాలి. అప్పుడు అవి ఎక్కువ స్థలం ఆక్రమించటమే కాకుండా ఎక్కువ బరువు ఉంటాయి. కనుక దూర ప్రయాణాలు చెయ్యాలంటే శక్తి-సాంద్రత ఉన్న బేటరీలని వాడాలి. ఆ రకం బేటరీలు నిర్మించటం ఎలాగో మనకి ఇంకా బోధపడటం లేదు.

ఉపకరణాలలో వాడుకకి బేటరీలకి ఉండవలసిన అనుకూలమైన లక్షణాలు ఏమిటి? ఎక్కువ శక్తి సాంద్రత, ఎక్కువ జీవిత కాలం, మన్నిక, సురక్షిత అనేవి ముందస్తుగా చెప్పుకోవలసినవి. తరువాత వాటి ధర. ప్రస్తుతం సాంప్రదాయికంగా వాడుకలోఉన్న లిథియం-అయాను బేటరీలలో ద్రవ రూపంలో ఉన్న "ఎలక్ట్రొలైట్" ఉండడం వల్ల ఇబ్బందులు ఉన్నప్పటికీ, ప్రత్యామ్నాయ మార్గాలు లేకపోబట్టి, అవి అనేక రంగాలలో బాగా ప్రాచుర్యం పొందేయి. ద్రవరూపంలో ఉన్న విద్యుద్విశ్లేషకం ("ఎలక్ట్రోలైట్") బయటకి చిందకుండా "సీలు" చెయ్యడం కష్టం. అందువల్ల ఈ రకం బేటరీలు తరచుగా విచ్ఛిత్తికి గురి ఆయే సావకాశాలు ఎక్కువ. అందుకని ఈ జాతి బేటరీలలో వాడకానికి ఘన రూపంలో ఉన్న విద్యుద్విశ్లేషకాల కోసం వేట జరుగుతోంది.

నూటఏభై ఏళ్ల కిందట మనకి విద్యుత్తు కావాలంటే బేటరీలే శరణ్యం. టెలిగ్రాములు బేటరీ శక్తి సహాయంతోటే పంపేవారు. పెద్ద ఎత్తున ఉత్పత్తి చెయ్యటం మొదలుపెట్టేక విద్యుత్తు "కారు చవక" అయిపోయింది. దానితో దుబారా కూడ ఎక్కువ అయింది. అమెరికాలో చాలా ఇళ్లల్లోనూ, ఆఫీసులలోనూ రాత్రి, పగలు దీపాలు అలా వెలుగుతూనే ఉంటాయి. వాతనియంత్రణ యంత్రాలు (ఎయిర్ కండిషనర్లు) అలా 24 గంటలు పని చేస్తూనే ఉండాలి. ఎంత విద్యుత్తు ఉత్పత్తి చేసినా మన అవసరాలకి సరిపోవటం లేదు. జల విద్యుత్తుతో కొన్ని ఇబ్బందులు ఉన్నాయి. శిలాజ ఇంధనాలు (fossil fuels) వాడితే భూగోళం వేడెక్కిపోతోంది. అణు విద్యుత్తు వల్ల వికీర్ణ నిష్యందం (radiation leak) ప్రమాదాలకి అవకాశాలు ఎక్కువ. సౌర విద్యుత్తు సమర్ధవంతంగా ఉత్పత్తి చెయ్యలేక పోతున్నాం. ఉదజని వాయువుని ఇంధనంగా వాడాలంటే సాంకేతికమైన సవాళ్లు ఎన్నో ఎదుర్కోవాలి.

దీపాలు ఆర్పేసుకుని పడుక్కోండిరా అంటే జనాభా పెరిగిపోతోంది!

16. విద్యుత్ కార్లు

ఈ మధ్య అమెరికాలో ఎలక్ట్రిక్ కార్ల మీద దృష్టి మళ్లుతోంది.

ఎలక్ట్రిక్ కార్లు నడపటానికి పెట్రోలుకి బదులు బేటరీలు వాడతారు. కార్లు నడపటానికి మామూలుగా టార్చ్ లైట్లలో వాడే బేటరీల వంటివి కాకుండా శ్రేష్టమైన బేటరీలు కావాలి.

అన్ని కార్లలోనూ చిన్న బేటరీ అవసరం ఉంటుంది. కారుని "స్టార్ట్" చేసేటప్పుడు ఈ బేటరీ ఉపయోగపడుతుంది. నేను ఇప్పుడు మాట్లాడేది ఈ బేటరీ సంగతి కాదు; కారుని నడపటానికి పెట్రోలు పూర్తిగా మానేసి ఆ స్థానంలో వాడే బేటరీలు. కార్లు నడపటానికి లిథియం-అయాన్ జాతి బేటరీలు ఎక్కువగా వాడతారు. ఈ రకం బేటరీలు ఊరోపరి (laptop) కంప్యూటర్లలో కూడ విరివిగా వాడతారు.

బేటరి నాణ్యతని కొలవటానికి "శక్తి సాంద్రత" (ఎనర్జీ డెన్సిటీ, energy density) అనే భావాన్ని వాడతారు. దీని అర్థం ఏమిటో చెబుతాను. నా కంప్యూటర్ లో ఉన్న బేటరీ ఉరమరగా ఒక పౌను (అర కిలో) బరువు ఉంటుంది. కొత్త బేటరీ కొనాలంటే 120 డాలర్లు అవుతుంది. బేటరీ విక్రేత మాట ప్రకారం ఈ బేటరీలో 60 వాట్-అవర్లు (watt-hours) శక్తి ఇమిడి ఉంది. అంటే ఈ బేటరి శక్తి సాంద్రత పౌను ఒక్కంటికి 60 వాట్-అవర్లు. వెల 120 డాలర్లు కనుక ఒకొక్క వాట్-అవర్ 2 డాలర్లకి కిట్టుతోంది.

ఇప్పుడు కారులో బేటరీకి బదులు పెట్రోలు పోస్తే ఎంతకి కిట్టుతుందో లెక్క వేద్దాం. ఒక పౌను పెట్రోలులో 5,000 వాట్-అవర్లు శక్తి ఉంది. అంటే ఒక పౌను బేటరీలో కంటె ఒక పౌను పెట్రోలులో 83 రెట్లు ఎక్కువ శక్తి సాంద్రత ఉంది. కనుక మనం "ఇంత" శక్తి నిల్వ చెయ్యగలగాలి అనుకున్నప్పుడు, పెట్రోలు బరువు కంటె బేటరీల బరువు బాగా ఎక్కువ.

కాని బేటరీల వాడకంలో ఒక పెద్ద లాభం ఉంది. వాడుకలో దక్షత (efficiency) దృష్ట్యా చూస్తే యంత్రాలలో పెట్రోలు వాడినప్పటి కంటె విద్యుత్ వాడితే అవి 5 ఇంతలు ఎక్కువ దక్షతతో పని చేస్తాయి. ఈ అంశాన్ని పరిగణనలోకి తీసుకుంటే మనకి నిజంగా 83 పౌన్లు బరువున్న బేటరీలు అక్కర లేదు; అందులో అయిదో వంతు, 16 పౌనుల బేటరీలు చాలు.

ఇదంతా ఉత్త ఊహాగానం కాదు. అమెరికాలో, మా ఊరి పెరట్లోనే, టెస్లా అనే ఎలక్ట్రిక్ కారు కంపెనీ ఉంది. పెట్రోలు కారుకి పోటీగా వారు ఎలక్ట్రిక్ కారు నిర్మాణానికి పూనుకున్నారు. వారి కారులో కేవలం బేటరీల బరువు 1,100 పౌనులు (దరిదాపు అర టన్ను). ఖాళీగా ఉన్న కారు మొత్తం బరువులో 44 శాతం బేటరీల బరువే. చిల్లర బజారులో కొంటే ఈ బేటరీలు పౌనుకి 120 డాలర్లు అనుకున్నాం కదా. ఈ లెక్కన కారులో ఉన్న బేటరీల ఖరీదే 132,000 డాలర్లు. ఈ బేటరీలని తరచు “చార్జి” చెయ్యటానికయే ఖర్చుని ప్రస్తుతానికి పక్కని పెట్టి, ఒక్క బేటరీని కొనటానికయే ఖర్చునే లెక్కలోకి తీసుకుందాం. కొత్త బేటరీలతో కారు లక్ష మైళ్లు నడుస్తుందని అనుకుందాం. అటు తరువాత బేటరీలు మార్పించాలి, లేదా కారుని పారెయ్యాలి. డబ్బుని ఇలా వృధా చెయ్యగలిగే స్థోమత ఎంత మందికి ఉంటుంది?

టెస్లా కారు కంపెనీవారు కావలిస్తే మూడేళ్లకి ఒకసారి కొత్త బేటరీలని 30,000 డాలర్లకి చవగ్గా అమ్ముతామని వాగ్దానం చేస్తున్నారు. ఈ ప్రోత్సాహక ప్రక్రియని మనం ఉపయోగించుకున్నా ఏటికి 10,000 డాలర్లు బేటరీలకే అవుతోంది. ఇది తలకి మించిన ఖర్చు. ఇదే పరిస్థితులలో పెట్రోలు కారు ఖర్చు 2,000 డాలర్లకి లోపునే ఉంటుంది.

విద్యుత్ కార్లు ప్రాచుర్యం పొందాలంటే మంచి రకం బేటరీ చవగ్గా చేయ్యగలిగే పద్ధతి తెలియాలి. అంతవరకు పెట్రోలు తప్ప మరో మార్గం ఉన్నట్టు కనిపించదు. సౌర శక్తి ఉపయోగించ దలుచుకున్నా, ఉదజని శక్తి ఉపయోగించ దలుచుకున్నా ఇవే రకం ఇబ్బందులు ఉన్నాయి.

మేలు రకం బేటరీలు మనం తయారు చెయ్యలేకపోతున్నామంటే దానికి మౌలికమైన కారణం ఉంది. ఉదాహరణకి మన కళ్ల ఎదుటే కంప్యూటర్లు, సెల్ ఫోనులు ఎంతో అభివృద్ధి చెందడమే కాకుండా వాటి ధరలు అనూహ్యంగా పడిపోయేయి. అదే విధంగా బేటరీల శక్తి ఎందుకు పెరగటం లేదు? వాటి ధరలు ఎందుకు పడటం లేదు? ఈ ప్రశ్నలు పుట్టటం సహజం.

స్థూలంగా చెప్పుకోవాలంటే కంప్యూటర్ల సమర్ధత ఎలక్ట్రానుల కదలిక మీద ఆధారపడి ఉంటుంది, బేటరీల సమర్ధత “అయాను” ల కదలిక మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ఎలక్ట్రానులు బుడుగులా, చిన్నవి కనుక, చలాకీగా పరిగెత్తగలవు; అయానులు పక్కింటి పిన్ని గారిలా, పెద్దవి కనుక, పెళ్లినడకలు నడుస్తాయి కాని జోరుగా పరిగెత్తలేవు.

శక్తిమంతమైనవి, చవకైనవి అయిన బేటరీలు కావాలంటే కొత్త రకం రసాయన ప్రక్రియలకోసం వెతకాలి. పరిశోధనాంశాలు కావాలని కోరుకునే విద్యార్థులకి ఇది మంచి అవకాశం!

17. పెట్రోలు కారులా? విద్యుత్ కారులా?

నాకో చిన్న కారుంది. దానికి 10 గేలన్లు పట్టే పెట్రోలు టేంకు ఉంది. అది గేలనుకి 30 మైళ్లు ఇస్తుంది. ఖాళీగా ఉన్న పెట్రోలు టేంకుని నింపటానికి 100 క్షణాలు (seconds) పడుతుంది. ఈ 100 క్షణాలలోను నింపిన 10 గేలన్ల పెట్రోలుతో ఒక టన్ను బరువున్న కారు 300 మైళ్లు నడుస్తుంది.

చిన్న లెక్క వేసి చూద్దాం. ఇటువంటి లెక్కలో కొలమానాలు ఉపయోగించాలి. కొలమానం అంటే మరేమీకాదు. డబ్బుని లెక్కపెట్టుకోవాలంటే డాలర్ కొలమానం లోనో, రూపాయి కొలమానంలోనో లెక్కపెడతాం. డాలర్లని రూపాయలలోకి మార్చటం తెలిస్తే ఏ కొలమానం అయినా పరవాలేదు. అదే విధంగా శాస్త్రంలో శక్తిని కొలిచేటప్పుడు "జూల్" అనే కొలమానం వాడతారు. జూల్ అంటే ఏమిటి? ఒక జామి కాయని చేత్తో పట్టుకుని ఒక మీటరు ఎత్తుకి లేపటానికి ఎంత శక్తి వెచ్చిస్తామో అది దరిదాపు ఒక జూల్ ఉంటుంది. ఒక ఎలక్ట్రిక్ బల్బు "100 వాట్ల బల్బు" అయితే ఆ బల్బు క్షణానికి 100 'జూల్' ల శక్తిని మింగేస్తున్నాదన్నమాట.

ఒక గేలను పెట్రోలులో 120 మిలియను 'జూల్' ల ఉష్ణ శక్తి (heat energy) ఉంది. కారుని ఒక గేలను పెట్రోలుతో నింపటానికి 10 క్షణాలు పట్టింది అనుకున్నాం కదా. కనుక ఒక క్షణంలో 12 మిలియను జూల్ ల శక్తిని కారులో నింపేను. ఒక క్షణంలో ఒక జూలు శక్తిని వెచ్చిస్తే ఆ ఖర్చయే జోరుని ఒక 'వాట్' అంటారు. అంటే, "వాట్" అనే కొలమానం ఎంత జోరుగా శక్తి ఖర్చు చేస్తున్నామో చెబుతుంది. అంటే, కారులోకి శక్తిని 12 మిలియను వాట్ల జోరుతో ఎక్కించేనన్నమాట. లేదా, టూకీగా 12 మెగావాట్ల జోరుతో టేంకు ని నింపేను. (మెగా అంటే మిలియను లేదా పది లక్షలు.)
కారుని పెట్రోలుకి బదులు బేటరీతో నడిపితే? ఖాళీ బేటరీని నింపటాన్ని "చార్జి చెయ్యటం" అంటారు. ఖాళీ బేటరీని చార్జి చెయ్యాలంటే ఆ బేటరీని ఒక జత తీగలకి ఒక పక్క తగిలించి, రెండో పక్క ఆ జత తీగలని విద్యుత్ ఒరలో (ఎలక్ట్రికల్ సాకెట్) పెట్టాలి. అమెరికాలో 110 వోల్టుల విద్యుత్తు కాబట్టి, 15 ఏంపియర్లు "కరెంటు" ని లాగే మీట (స్విచ్) ఉపయోగిస్తే ఆ విద్యుత్ వలయంతో 15 x 110 = 1,650 వాట్‌లు జోరుతో శక్తిని బేటరీలోకి ఎక్కించవచ్చు.

పెట్రోలు బంకులో నింపినంత జోరుగా పని జరగాలంటే మనం చార్జి చెయ్యవలసిన జోరుని 12,000,000/1,650 = 7,300 రెట్లు పెంచాలి. కాని విద్యుత్తుని పెట్రోలు కంటె 5 రెట్లు ఎక్కువ దక్షతతో వాడవచ్చు కనుక, నిజానికి పై లెక్కలో అయిదో వంతు, అంటే 7300/5 = 1,460 రెట్లు, చాలు.

ఇప్పుడు పది గేలన్ల టేంకుని నింపటానికి 100 క్షణాలు వెచ్చించే పెట్రోలు కారు కొనటమా? లేక, అదే సైజు కారులో బేటరీలని చార్జి చెయ్యటానికి 146,000 క్షణాలు (ఉరమరగా 40 గంటలు, లేదా రెండు రోజులు) తీసుకునే విద్యుత్ కారుని కొనటమా?
అంటే 300 మైళ్లు నడిపించినందుకుగాను మన విద్యుత్ కారుకి దరిదాపు రెండు రోజులు సెలవు ఇవ్వాలన్నమాట. ఈ లెక్కన విద్యుత్ కార్లు ఎవరు కొంటారండీ?

18. ఉదజని కార్లు

ఇటీవల కాలంలో జపాను, కొరియా దేశాల నుండి ఉదజని కార్లు వస్తున్నాయి. గతంలో ప్రస్తావించిన విద్యుత్ కార్లకి ఇవి పోటీ అన్న మాట. విద్యుత్ కార్లలో ఘటమాల (battery) ఉంటుంది; ఆ ఘటమాల ఉత్పత్తి చేసే విద్యుత్తుతో కారు కదులుతుంది. ఉదజని కార్లలో ఘటమాలకి బదులు ఇంధన కోష్ఠికల మేటు (stack of fuel cells) ఉంటాయి; ఈ ఇంధన కోష్ఠికలు ఉత్పత్తి చేసే విద్యుత్తుతో కారు నడుస్తుంది. అనగా, విద్యుత్ ఘటాలకి బదులు కోష్ఠికలు ఉంటాయి; అదీ తేడా.

విద్యుత్ ఘటాలకి, ఇంధన కోష్ఠికలకి మధ్య మౌలికమైన తేడా ఏమిటంటే ఘటాలలో ఇంధనం ఘటాలలోనే ఉంటుంది; కనుక ఇంధనం ఖర్చు అయిపోగానే పాత బేటరీని పారేసి కొత్తది కొనుక్కుంటాం. కాని, ఇంధన కోష్ఠికలలో ఇంధనం (ఉదజని) బయట నుండి సదా సరఫరా చేస్తూ ఉంటాం కనుక సరఫరా జరుగుతున్నంత సేపూ కోష్ఠిక పని చేస్తుంది. ఈ రకం కోష్ఠికలతో నిర్మించిన వాహనాలలో పెట్రోలుకి బదులు ఉదజని వాయువు వాడతాము కనుక రాతి నూనె మీద ఆధారపడడం తగ్గుతుంది. జపాను, కొరియా, భారతదేశం రాతి నూనె దిగుమతుల మీద ఆధారపడడం వల్ల ఎన్ని ఇబ్బందులని ఎదుర్కొంటున్నాయో నేను చెప్పాలా?

భారతదేశంలో రాతి నూనె వంటి ఇంధన తైలాల నిల్వలు సమృద్ధిగా లేవు; విశేషంగా దిగుమతి చేసుకుంటున్నాం. దేశంలో దొరికే బొగ్గు నాసి రకం కనుక బొగ్గుని కూడ విశేషంగా దిగుమతి చేసుకుంటున్నాం. కీలకమైన వనరులకై విదేశాల మీద ఆధారపడడం మంచిది కాదు. పోగా, వీటికి మన విదేశీ మారకపు నిధులు విశేషంగా ఖర్చు అయిపోతున్నాయి. పైపెచ్చు బొగ్గు వాడకం వల్ల మసి, నుసి, వంటి కల్మషాదులతో ఎన్నో ప్రతికూలతలు ఉన్నాయి. అణుశక్తి మీద ఆధారపడదామా అంటే ప్రమాదాల వల్ల వాటిల్లే ప్రతికూలతలు వాటికి ఉన్నాయి. ప్రతీ ఒక్క సాంకేతిక పరిష్కారానికి ఏదో ఒక ప్రతిబంధకం కనిపిస్తోంది. ఈ సందర్భంలో ఉదజని వాయువుని ఇంధనంగా వాడడం వల్ల వచ్చే కష్టసుఖాలని ఒకసారి సమీక్షిద్దాం.

ఉదజని ఒక వాయువు. ఈ వాయివుని విద్యుత్-రసాయనిక ప్రక్రియలకి లోను చేసినప్పుడు విద్యుత్తు పుట్టుకొస్తుంది. వివరాలు ఇక్కడ అనవసరం కానీ ఈ ప్రక్రియలో వేడి, నీరు అనుజనితాలు (byproducts); ఇవి కాలుష్య కారకాలు కావు. పైగా, ఉదజని విశ్వవ్యాప్తంగా దొరుకుతుంది. కనుక ఉదజనితో నిర్మించిన ఇంధన కోష్ఠికలకి మంచి భవిష్యత్తు ఉందని కొందరి భావన.

ఇటువంటి కోష్ఠికలని దక్షతతో నిర్మించడం ఎలాగో ఇంకా అవగాహనలోకి రాలేదు. వీటిని ఆచరణలో పెట్టాలంటే సాంకేతికంగా ఐదు మహాద్భుతాలు జరగాలి:

(1) ఉదజని వాయువుని పెద్ద ఎత్తున, చవగ్గా తయారు చెయ్యగలిగే మార్గం కావాలి. (2) కార్లలోని పెట్రోలు టేంకు ఆక్రమించినంత తక్కువ స్థలంలో ఎక్కువ ఉదజని వాయువుని నిల్వ చెయ్యగలిగే, ప్రమాదరహితమైన, పద్ధతి కావాలి; అప్పుడే ఇంధన కోష్టికలని వాడిన వాహనాలకి విపణి వీధిలో పలుకుబడి ఉంటుంది.

(3) ఇంధన కోష్ఠికలని వాడే వాహనాలలో ఇంధనం అయిపోయినప్పుడల్లా తిరిగి నింపడానికి దేశవ్యాప్తంగా "ఉదజని బంకులు" (పెట్రోలు బంకులులా) ప్రయాణీకులకి అందుబాటులో ఉండాలి; అంటే ఉత్పత్తి కేంద్రాలనుండి పంపిణీ స్థలాలకి ఇంధనాన్ని సరఫరా చెయ్యడానికి కావవలసిన అవస్థాపన (infrastructure) సౌకర్యాలు ఉండాలి. (4) పెట్రోలుని నింపగలిగినంత జోరుగా ఉదజని ఇంధనాన్ని కూడా కారులో నింపగలగాలి. (విద్యుత్ కార్లలో బేటరీని పూర్తిగా ఛార్జి చెయ్యడానికి పది గంటలు పడుతుంది. అప్పుడు అది 300 మైళ్ళు వెళుతుంది.)

(5) ఇప్పుడు వాడుకలో ఉన్న అంతర్దహన యంత్రాలతో పోటీ పడే విధంగా ఇంధన కోష్ఠికల నిర్మాణం మీద పరిశోధనలు ముమ్మరంగా జరగాలి. పెట్రోలుతో నడిచే కార్లతో పోటీ పడి నెగ్గుకు రావాలంటే పైన చెప్పిన అయిదు గొంతేలమ్మ కోరికలు తీరాలి.

ఈ గొంతేలమ్మ కోరికలు అన్నీ తీరినా, మనకి కావలసిన ముడి పదార్థం అయిన ఉదజని ఎక్కడ నుండి పుట్టుకొస్తుంది? దీనికి రకరకాల మార్గాలు ఉన్నాయి. ప్రస్తుతం అందుబాటులో ఉన్న పద్ధతి ప్రకారం ఉదజని తయారీకి సహజ వాయువు (natural gas) ని ముడి పదార్థంగా వాడతారు. కానీ సహజ వాయువు కూడా రాతి నూనెలా శిలాజ ఇంధనమే (fossil fuel) కదా అని కొంతమంది అభ్యంతరం చెప్పవచ్చు. వేరొక మార్గం ఏమిటంటే పేడ పోగులు, పెంట కుప్పలు (landfills), ఊరు వెలుపల బహిష్కరణ పొందే మురుగు (sewage), వగైరా వ్యర్థ పదార్థాలనుండి పుట్టుకొచ్చే "బయోగేస్" నుండి ఉదజనిని సేకరించవచ్చు. వ్యవసాయం, పాడి పరిశ్రమ ఎక్కువగా ఉన్న ప్రదేశాలలో ఈ రకం ప్రక్రియలు లాభసాటిగా ఉంటాయి. ఈ రకం ప్రక్రియలతో జపాను అప్పుడే చాల పురోభివృద్ధి సాధించింది. ఎండలు ఎక్కువగా ఉండి, వ్యవసాయం తక్కువ ఉన్న ప్రదేశాలలో సూర్యరశ్మి ద్వారా విద్యుత్తుని పుట్టించి, ఆ విద్యుత్తుతో సముద్రపు నీటిలో ఉన్న ఉదజనిని వెలికి తీయవచ్చు.

ఇంధన కోష్ఠికలతో విద్యుత్తుని పుట్టించి కేవలం వాహనాలని (కార్లు, బస్సులు, ఓడలు, వగైరా) నడపడానికే వాడనక్కర లేదు; ఆ విద్యుత్తుని తిన్నగా మన విద్యుత్ వలయం (grid) లోకి పంపవచ్చు. ప్రపంచ వ్యాప్తంగా ఉన్న విద్యుత్ వలయాలకి ఒక పెద్ద లొసుగు ఉంది. ఈ వలయాలలో విద్యుత్తుని నిల్వ చెయ్యలేము; తయారు చేస్తూన్న విద్యుత్తుని వెనువెంటనే ఖర్చు పెట్టేసుకోవాలి. కనుక "కరెంటు" పోకుండా ఎల్లవేళలా సరఫరా జరగాలంటే మన విద్యుత్ కేంద్రాలని గరిష్ఠ అవసరాలకి సరిపోయేటంత పెద్దగా రూపకల్పన చెయ్యాలి. అప్పుడు అవసరం సన్నగిల్లిన సమయాలలో అవసరానికి మించి జరిగిన ఉత్పత్తి వ్యర్థం అయిపోకుండా ఉదజనిని పుట్టించడానికి ఉపయోగించి, ఆ ఉదజనిని పీపాలలో దాచి, అవసరం పెరిగినప్పుడు ఆ ఉదజనిని ఇంధన కోష్ఠికలలో వాడి వెలితిని భర్తీ చేసుకోవచ్చు. ఈ రకంగా ఆలోచిస్తే ఇంధన కోష్ఠికలకి భవిష్యత్తు ఉందనే అనిపిస్తుంది.

నిజానికి ఇంధన కోష్ఠికల మీద పరిశోధన చెయ్యవలసిన అవసరం భారతదేశానికే ఉంది. మనం అగ్ర రాజ్యాల సరసన నిలబడగలగాలంటే శక్తి వనరులకై పరదేశాల మీద ఆధారపడకూడదు. సెల్ ఫోనులు వచ్చేక మన జీవితసరళిలోనే పెను మార్పులు వచ్చినట్లు, ఇంధన కోష్ఠికలు చవకగా, సమర్ధవంతంగా దొరికిన నాడు భారతదేశంలో మరొక విప్లవం వస్తుంది. కనుక వీటి మీద పెట్టుబడి పెట్టి పరిశోధనలు చెయ్యవలసిన అవసరం భారతదేశానికి ఎంతయినా ఉంది.

19. అణు విద్యుత్తు అవసరమా?

ఆ మధ్య పెద్ద సునామీ వచ్చి జపాను బాగా దెబ్బ తింది. బట్టతలవాడు ఎండ దెబ్బ తట్టుకోలేక తాటిచెట్టు నీడని నిలబడితే తాటిపండు నెత్తిమీద పడ్డాదిట. అలా వక్రించింది జపాను జాతకం.

ఎక్కడో సముద్రగర్భంలో భూకంపం వచ్చింది. ఆ ధాటికి అక్కడ భూమి గతక్కున దిగజారిపోయింది. భూమితోపాటు సముద్రంలోని నీరు ఆ అగాధంలోకి పడింది. దానితో సముద్రంలో పెద్ద కెరటం పుట్టింది. ఉవ్వెత్తున లేచిన కెరటం విమానం పరిగెట్టినంత జోరుతో పరుగు తీసి జపాను కోస్తా ప్రాంతాలమీద విరుచుకు పడింది. జనావాసాలు మునిగిపోయేయి. భారీగా ప్రాణ నష్టం వచ్చింది. నిజంగా ఎంత నష్టం వచ్చిందో ఎవ్వరికీ తెలియదు. చాల మంది ఆ సునామీలో కొట్టుకుపోయారు. ఇంకా భారీగా ఆస్తి నష్టం వచ్చింది. ఇదంతా ప్రకృతి వైపరీత్యం తప్ప మానవుడు చేసిన తప్పు లేదు. ఈ సునామీని ప్రేరేపించిన భూకంపం చిన్నదేమీకాదు. ఈ భూకంపానికి జపాను కోస్తాలో ఉన్న ఫుకుషిమా అనే ఊళ్లో ఉన్న అణు విద్యుత్ ఉత్పాదక కేంద్రం దెబ్బతింది. ఎలా అని అడగరేం?

భూకంపం తాకిడికి కేంద్రంలోని కాంక్రీటు కట్టడాలు బాగానే తట్టుకున్నాయి. సునామీ తెచ్చిన ముంపు వల్ల కూడ కట్టడాలకి హాని జరగలేదు. అణు క్రియాకలశం ("రియాక్టర్") ని చల్లబరచటానికి వాడే నీటి తోడికలని (పంపులని) నడిపే యంత్రాంగానికి విద్యుత్ సరఫరా కావాలి కదా. ఆ సరఫరా చేసే వలయం దెబ్బ తింది. ఈ వలయానికి వెనక దన్నుగా మరొకదానిని ఏర్పాటు చేసుకోవాలన్న ప్రాథమిక సూత్రం మరిచిపోయేరు. దానితో క్రియాకలశంకి శీతలోపచారాలు చేసే కార్యక్రమం కుంటు పడింది. దాంతో క్రియాకలశం వేడెక్కి కరిగిపోయి, లోపల ఉన్న వికిరణాన్ని బయటకి విడుదల చేసింది. దీనితో ఆ చుట్టుపట్ల 12 మైళ్లు దూరంలో ఉన్న జనావాసాలు ఖాళీ చెయ్యవలసి వచ్చింది. విపరీతమైన ధన నష్టం వచ్చింది. అసలే డబుల్ టైఫాయిడ్ వచ్చి బాధ పడుతూన్న వ్యక్తికి నుమోనియా కూడ వచ్చినట్లయింది ఈ ఫుకుషీమా దగ్గర. అయినా కేవలం వికిరణం తాకిడి వల్ల చచ్చిపోయిన వాళ్ల సంఖ్య అత్యల్పం.

జపానులో భూకంపాలు తరచు వస్తూ ఉంటాయి. భూకంపంతోపాటు సునామీ రావటం అరుదైన విషయం. భూకంపం కంటె సునామీ ఎక్కువ హాని చేసింది. సునామీ వల్ల జరిగిన ప్రాణ నష్టంతో పోల్చి చూస్తే ఫుకుషిమా క్రియాకలశం వల్ల జరిగిన ప్రాణ నష్టం అత్యల్పం. కాని వార్తలలో పతాక శీర్షిక అధిరోహించినది ఈ అణుశక్తి కేంద్రంలో జరిగిన ప్రమాదం!

భారతదేశంలో, రోడ్డు ప్రమాదాలలో, 2007 లో 1 లక్ష 14 వేల మంది, 2010 లో 1 లక్ష 30 వేల మంది చచ్చిపోయేరుట. ఈ గణాంకాలు చూసి రోడ్ల మీద ప్రయాణాలు మానుకుంటామా? ప్రయాణాలు ప్రమాదరహితంగా ఉండటానికి మంచి రోడ్లు ఉండాలి, మంచి కారులు ఉండాలి, చోదకులు బాధ్యతాయుతంగా కార్లు నడపాలి, వారిపై పోలీసు పర్యవేక్షణ ఉండాలి. ప్రపంచ వ్యాప్తంగా విమాన ప్రమాదాలలో ప్రతి ఏటా దరిదాపు 1,000 మంది మాత్రమే ప్రాణాలు పోగొట్టుకుంటున్నారు. అయినా విమాన ప్రమాదం ప్రపంచంలో ఏ మూల జరిగినా పత్రికలలో పతాక శీర్షికే. ప్రపంచవ్యాప్తంగా, గత 60 సంవత్సరాలలో, అణు విద్యుత్ కేంద్రాలలో కేవలం 4 ప్రమాదాలు జరిగేయి. వీటిలో ప్రమాదం కారణంగా 66 మంది, సంబంధిత కారణాల వల్ల 4,000 మంది చచ్చిపోయారని గణాంకాలు చెబుతున్నాయి. ప్రమాదాలని సందర్భోచితమైన సమదృష్టితో చూసినప్పుడు ఉద్రేకరహితమైన అవగాహన ఏర్పడుతుంది.

భారతదేశం కూడ అగ్ర రాజ్యాలలో ఒకటిగా లెక్కింపబడాలంటే శక్తి వనరులకి ఇతరులమీద ఎక్కువగా ఆధారపడటం మంచిది కాదు. కాని ఖనిజ తైలాల, సహజ వాయువుల నిక్షిప్తాలు మన దేశంలో దరిదాపు పూజ్యం; ప్రపంచంలో ఉన్న నిక్షిప్తాలలో నూరింట ఒక పాలు మాత్రమే మన దేశంలో ఉన్నాయి. కాని, ప్రపంచంలో ఉన్న ప్రతి 100 మందిలో 17 మంది మన దేశంలోనే ఉన్నారు. మన దేశంలో ఉన్న శక్తి వనరులు అత్యల్పం కావటం వల్ల ఏటా 100 బిలియను డాలర్లు ఖర్చుపెట్టి దిగుమతి చేసుకోవలసి వస్తోంది. ఇలా ఎన్నాళ్లు సాగుతుంది? ఎప్పటికయినా మన కాళ్ల మీద మనం నిలబడాలంటే కేవలం విద్యుత్ ఉత్పాదనకని శిలాజ ఇంధనాల మీద

ఆధారపడటం తగ్గించాలి. ఈ విధంగా విచారణ చేసి చూస్తే భారతదేశం అణు విద్యుత్తు మీద ఆధారపడటం తప్ప గత్యంతరం ఉన్నట్లు కనిపించటం లేదు. కనుక ఇప్పుడు బహిరంగ వేదికల మీద చర్చించవలసిన అంశం ఏమిటంటే “అణు విద్యుత్ కేంద్రాలని సురక్షితం చెయ్యటానికి ఏయే పనులు చెయ్యాలి?”

దేశ రక్షణ కోణం నుండి కూడ చూద్దాం. చైనా వద్ద 240 బాంబులు ఉన్నాయి; వీటిల్లో చాల మట్టుకు భారత పట్టణాలపై గురి పెట్టి ఉన్నాయి. పాకిస్తాన్ దగ్గర 80 బాంబులు ఉన్నాయి; ఇవన్నీ ఇండియా మీదే గురిపెట్టి ఉన్నాయి. వాళ్లు ఆ మారణాయుధాలని మన మీద ప్రయోగించకుండా ఉండాలంటే మన దగ్గర అంతకంటె పెద్దవి, మంచివి ఉన్నాయని వాళ్లల్లో నమ్మకం కలిగించాలి. ఈ పని చెయ్యాలంటే అణు శక్తి మీద, అణు విద్యుత్తు మీద మనం అలా పరిశోధనలు చేస్తూనే ఉండాలి. మన పరిశోధనా ఫలితాలని, మన స్థోమతని ప్రపంచానికి చాటుతూ ఉండాలి.

విమాన ప్రయాణాలు ఇప్పుడు ఇంత సురక్షితంగా ఉండటానికి కారణం? ఏ మూల ఎక్కడ విమాన ప్రమాదం జరిగినా “ఆ ప్రమాదానికి కారణం ఏమిటి? మళ్లా అటువంటి ప్రమాదం జరగకుండా ఉండటానికి ఏమిటి చెయ్యాలి?” అని ప్రశ్నలు లేవదీసి, వాటికి సమాధానాలు వెతికి తగు చర్యలు తీసుకోవటమే. అదే విధంగా అణు విద్యుత్ ని కూడ మచ్చిక చేసుకోవాలి కాని, జపాను లోను, ఉక్రెయిన్ లోను జరిగిన ప్రమాదాలని ఆసరాగా తీసుకుని “మాకు అణు విద్యుత్ కేంద్రాలేవద్దు” అని మంకు పట్టు పట్టికూర్చుంటే వేసవి కాలంలో మనకి విసనకర్రలే శరణ్యం.

20. అణు వాదంలో రసగుళికలు

1. అణువు అంటే ఏమిటి?

గ్రీకు భాషలో "అ" అనే పూర్వప్రత్యయం 'కానిది' అనే అర్థాన్ని ఇస్తుంది; సంస్కృతంలో అశుభ్రం అంటే 'శుభ్రం కానిది' అయినట్లు. గ్రీకు భాషలో "టోమోస్" అంటే 'కత్తిరించు' అనే అర్థం వస్తుంది. ఈ రెండింటిని సంధించగా వచ్చిన మాట "అటోమోస్" అంటే కత్తిరించడానికి వీలు కానిది లేదా అవిభాజ్యం. ఇందులోంచి వచ్చిన "ఏటం" (atom) అంటే విభజించడానికి వీలు పడనంత చిన్న పదార్థం.

గ్రీకు, సంస్కృతం జ్ఞాతి భాషలు. సంస్కృతంలో ఈ రెండు మాటలని పోలిన మాట "ఆత్మ." ఈ ఆత్మ స్వభావం ఎటువంటిదో ఋగ్వేదంలో వచ్చే నారాయణ సూక్తం ఇలా చెబుతుంది:

"నీవారశూకవత్తన్వీ పీతా భాస్వత్యణూపమా | తస్యా"ః శిఖాయా మధ్యే పరమాత్మా వ్యవస్థితః"

అంటే, ఆత్మ అణు ప్రమాణంలో, మన హృదయ పీఠంలో వ్యవస్థితమై ఉంటుందని చెబుతోంది. ఈ వేద మంత్రాన్ని బట్టి అణువు అనే మాట వేదంలో ఉండడమే కాకుండా ఆత్మకి అణువుకి ఏదో అవినాభావ సంబంధం ఉన్నట్లు అనిపిస్తోంది కదా!

భగవద్గీత ఏమంటోంది?

"నైనం ఛిన్దన్తి శస్త్రాణి, నైనం దహతి పావకా"

అనగా, (అణుప్రమాణంలో ఉన్న) ఈ ఆత్మని కత్తితో కొయ్యలేము, మంటలో వేసి కాల్చలేము.

ఆధునిక శాస్త్రంలో "ఏటం" అన్న ఇంగ్లీషు మాటకి డాల్టన్ ఇచ్చిన నిర్వచనం కూడ ఇదే కనుక అణుప్రమాణంలో ఉన్న ఆత్మకి అణువుకి మధ్య ఉన్న పోలికని బట్టి "ఏటం" కి అణువు సమానార్థకమైన తెలుగు మాట అని మనం నిర్ధారించవచ్చు.

2. అణు వాదం

సా. శ 1808 లో, బ్రిటిష్ వాడైన జాన్ డాల్టన్ ఏమన్నాడు? ప్రతి రసాయన మూలకానికి తనదైన ఒక సూక్ష్మాతి సూక్ష్మమైన (అనగా, విభజించడానికి వీలు కాని) అణు (atom) రూపం ఉంటుందనిన్నీ, ఈ స్థూల ప్రపంచంలో మనకి తారసపడే ప్రతి వస్తువు ఈ అణువులు సమ్మేళనమే అని అభివర్ణించేడు.

మన సంప్రదాయంలో కాణాదుడు దరిదాపు ఇదే భావాన్ని శతాబ్దాలకి ముందే ప్రవేశ పెట్టేడు. పైపెచ్చు కణాదుడు ద్వియాణువు, త్రయాణువు అని అణువుల గుంపులకి పేర్లు పెట్టేడు. అనగా, నేటి బణువు (molecule) అనే భావానికి అంకురార్పణ చేసేడు. కాణాదుడు తరువాత మన దేశంలో ఈ బాణీలో ఆలోచన కొనసాగించినవారు లేకపోయారు.

3. అణువు నిర్మాణ శిల్పం

సా. శ 1896 లో, యూరోప్ లో, హెన్రి బెక్విరల్, మరీ క్యూరీ, పియేర్ క్యూరీ ప్రకృతి సిద్ధంగా జరిగే "రేడియో ధర్మం" అనే ప్రక్రియని అధ్యయనం చేస్తూ "కత్తిరించడానికి కూడా వీలు పడని సూక్ష్మాతి సూక్ష్మమైన అణు రూపం" అని మనం అభివర్ణిస్తున్న అణువు లోపల అంతర్గతమైన నిర్మాణశిల్పం ఉందనే భావానికి పునాదులు వేసేరు.

సా. శ 1897 లో, బ్రిటన్ లో, కేథోడ్ కిరణాల మీద పరిశోధన చేస్తున్న జె. జె. థాంసన్ ఏమన్నాడంటే కేథోడ్ కిరణాలు నిజానికి విద్యుత్ తత్త్వం పూనిన, ఉదజని అణువు కంటే చిన్నవయిన, రేణువులు అన్నాడు. ఈ రేణువులకి తరువాత "ఎలాక్^ట్రానులు" (electrons) అని పేరు పెట్టేరు. అనగా అణువులో "ఎలక్ట్రానులు" అనే రేణువులు ఉన్నాయి! అణువుని కత్తిరించి లోపల చూడవచ్చన్నమాట! అణుగర్భంలో ఇంకేమి ఉన్నాయో?

4. గుళిక వాదం

ఇది ఇలా ఉండగా, మరొక సందర్భంలో, జెర్మనీలో, మాక్స్ ప్లాంక్ అనే పరిశోధకుడు ఒక రకం ఇబ్బందిలో పడ్డాడు. నల్లటి ఇనప కడ్డీని వేడి చేస్తే ముందు ఎర్రగాను, ఇంకా వేడి చేస్తే తెల్లగాను అవుతుంది. ఇది మనందరికీ తెలిసిన విషయమే. కానీ "చల్లగా ఉన్నప్పుడు నల్లగా ఉన్న కడ్డీ వేడెక్కుతున్నకొద్దీ ఎందుకు రంగు మారుతుంది?" ఈ రకం ప్రశ్న మనలాంటి సామాన్యులు అడగరు. కానీ మాక్స్ ప్లాంక్ అడిగేడు. ప్రయోగాలు చేసి చూసేడు. మంటలో ఉన్న శక్తి (energy) "ఒక నదీ ప్రవాహంలా" కొలిమి నుండి కడ్డీ లోకి ప్రహిస్తుంది అని అనుకున్నంతసేపూ ఆయనకి సంతృప్తికరమైన సమాధానం దొరకలేదు. కాని, వేడి కొలిమి నుండి కడ్డీ లోకి శక్తి "వాన చినుకులులా, బొట్లు బొట్లుగా," ప్రవహిస్తోంది అని అనుకుంటే ప్రయోగానికి, సిద్ధాంతానికి మధ్య పొత్తు కుదురుతోంది. ప్రత్యక్ష ప్రమాణానిదే పైచేయి కనుక – అయిష్టంగానే – శక్తి ధారలా ప్రవహించదు, బొట్లు బొట్లు గానే ప్రవహిస్తుంది అని, సా. శ 1900 నాటికి అందరూ ఒప్పుకోక తప్పలేదు. అనగా ఉష్ణ శక్తి నిజ స్వరూపం బొట్లు, బొట్లుగా, గుళికలలా, ఉంటుంది (heat energy is quantized).

సా. శ 1905 లో ఆయిన్^స్టయిన్ ప్రతిపాదించిన సాధారణ సాపేక్ష సిద్ధాంతం పర్యవసానంగా కాంతి రూపంలో ఉన్న శక్తి నిజ స్వరూపం కూడా గుళికలలానే ఉంటుంది అని తేలిపోయింది (light energy is also quantized). గుళిక వాదం (quantum theory) కి పునాదులు పడుతున్నాయి.

ఇది ఇలా ఉండగా, బ్రిటన్ లో, ఎర్నస్ట్ రూథర్^ఫోర్డ్ పల్చటి బంగారపు రేకుని జోరుగా ప్రవహిస్తున్న "ఆల్ఫా" కణాలతో బాదేడు. ఈ "ఆల్ఫా" కణాలకి ధన విద్యుదావేశం ఉంటుంది. ఈ కణాలు, ఏ ఒక్కటీ కూడా, అణు గర్భం గుండా పోకుండా, ఎల్లప్పుడూ పక్కకి తప్పించుకునే ప్రయాణం చేసేయి. ఈ లక్షణాన్ని ఆధారంగా చేసుకుని అణు గర్భంలో కూడా ఏదో ధన విద్యుదావేశం ఉన్న పదార్థం ఉందని 1911 లో తీర్మానానికి వచ్చేడు. (ఒకే రకమైన విద్యుదావేశాలు వికర్షించుకుంటాయి కనుక!) తరువాత సిద్ధాంతాల ద్వారా అణు గర్భంలో ఉన్న ధన విద్యుదావేశపు పదార్థం (దీన్ని కణిక అందాం) తప్ప మిగిలినది అంతా ఖాళీయే అని తీర్మానించేరు. అదే నిజం అయితే ఎలాక్^ట్రానులు కణిక చుట్టూ ప్రదక్షిణాలు చేస్తూ ఉండాలి. అదే నిజం అయితే ప్రదక్షిణాలు చేసే ఎలాక్^ట్రానులు తమ శక్తిని క్రమేపి కోల్పోయి మధ్యలో ఉన్న కణికలో పడిపోవాలి. అది జరగడం లేదు!

పచ్చి వెలక్కాయలా గొంతుకకి అడ్డం పడ్డ ఈ చిక్కు సమస్యని డెన్మార్క్ దేశస్థుడు నీల్స్ బోర్, 1913 లో, పరిష్కరించేడు. ఈయన ఏమన్నాడంటే ఎలాక్^ట్రానుల ప్రవర్తనని కూడా గుళికీకరించాలన్నాడు. అంటే?

ఎలాక్^ట్రానుల కణిక చుట్టూ – సూర్యుడి చుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతున్నట్లు – ఎప్పుడూ ఏదో ఒక నిర్దేశించిన కక్ష్య లోనే తిరగాలి తప్ప తన ఇష్టం వచ్చినట్లు తిరగకూడదు. ఒక కక్ష్య నుండి మరొక కక్ష్య లోకి గభీ మని "గుళిక గెంతు" (quantum jump) వేయ వచ్చు కానీ నెమ్మదిగా "జరుగుతూ" వెళ్ళకూడదు. అనగా ఎలాక్^ట్రానులు ప్రదక్షిణం చేసే కక్ష్యలని కూడా గుళికీకరించాలి (quantization of electron orbits).

దరిమిలా అణు గర్భంలో రెండు రకాల రేణువులు (particles) ఉన్నాయని తెలిసింది. ఒకటి, ఇందాక తారసపడ్డ, ధనావేశంతో ఉన్న ప్రోటాను. ఇది కాకుండా ఏ రకమైన ఆవేశం లేకుండా తటస్థంగా ఉండే నూట్రాను అనే రేణువు కూడా ఉందని కనుక్కున్నారు. దీనితో ఛేదించడానికి వీలు పడదనుకున్న అణువులో మూడు రకాల రేణువులు ఉన్నాయని తేలింది. వీటిని పరమాణువులు (sub-atomic particles) అందాం.

అణు పరిశోధనలో గుళిక వాదం నెమ్మదిగా తలెత్తున్న తరుణంలో జెర్మనీలో హైజెన్^బర్గ్ అనే అయన, 1927 లో, ఒక మెలిక వేసేడు. ఈయన అన్నది ఏమిటంటే అణు ప్రపంచంలో ఒక రేణువు ఒక సమయంలో ఎక్కడ ఉందో నిర్ధారించి చెప్పగలిగితే అదే సమయంలో అది ఎంత జోరుగా ప్రయాణం చేస్తున్నాదో చెప్పడం అసంభవం. అలాగే, ఒక రేణువు, ఒక సమయంలో, ఎంత జోరుగా ప్రయాణం చేస్తున్నాదో చెప్పగలిగితే అదే సమయంలో అది ఎక్కడ ఉందో నిర్ధారించి చెప్పడం అసంభవం. కష్టం కాదు, అసంభవం! అలాగే పౌలి (Pauli) సూత్రం ప్రకారం ఒకే లక్షణాలు కల రెండు ఎలక్ట్రానులు ఒకే చోట ఉండలేవు. అనగా ఒకే రకమైన కత్తులు రెండు ఒకే ఒరలో ఇమడవు. ఇలా గుళిక వాదం పెరుగుతూ వచ్చింది.

ఎప్పుడో శతాబ్దాల క్రితం కాణాదుడు వేసిన విత్తు పోషణ లేక మరుగున పడిపోయినా ఇటీవలి కాలంలో పాశ్చాత్య ప్రపంచంలో అదే భావం తిరిగి తలెత్తి వటవృక్షంలా పెరిగి మన జీవన శైలినే మార్చి వేసింది.

21. అణ్వస్త్రాలు

రెండవ ప్రపంచ యుద్ధం సమయంలో ఎంతో రహశ్యంగా, ఎంతో డబ్బు ఖర్చుపెట్టి, ఎన్నో కష్టాలు పడి అమెరికా ప్రభుత్వం మూడు అణు బాంబులని నిర్మించింది. బాంబులు అనుకున్నట్టు పని చేస్తున్నాయో లేదో చూడటానికి వాటిల్లో ఒక దానిని నూ మెక్సికో రాష్ట్రంలో ఉన్న ఎడారిలో, అలమగోర్డో అనే చోట, ప్రయోగాత్మకంగా పేల్చి చూసేరు. రెండో దానిని జపానులోని హీరోషిమా నగరం మీద, మూడో దానిని నాగసాకి నగరం మీద పేల్చేరు.

అలమగోర్డొ లో ప్రయోగాత్మకంగా పేల్చినది, నాగసాకి మీద పేల్చినది ప్లూటోనియం తో చేసినవి; అందుకని వాటిని ప్లూటోనియం బాంబులు అని కూడ అంటారు. హీరోషిమా మీద పేల్చినది యురేనియంతో చేసేరు; కనుక దీనిని యురేనియం బాంబు అని కూడ అంటారు. ఈ రెండు రకాల బాంబుల తయారీలోను, రచన లోనూ, నిర్మాణ శిల్పం లోనూ మౌలికమైన తేడాలు ఉన్నాయి.

యురేనియంతో చేసే బాంబు నిర్మాణంలో ఉన్న కొన్ని సాధకబాధకాలని చూద్దాం. యురేనియంలో రెండురకాలు ఉన్నాయి: బరువు యురేనియం, లేదా యు-238, తేలిక యురేనియం, లేదా యు-235. ప్రకృతిలో ఈ రెండూ కలిసి దొరుకుతాయి; బరువు-యురేనియం సమృద్ధిగా దొరుకుతుంది కాని బాంబుల నిర్మాణానికి పనికిరాదు. తేలిక-యురేనియం చాల అరుదు; కాని బాంబులు చెయ్యాలంటే ఈ తేలిక-యురేనియం కావాలి. కొండరాళ్లల్లో దాగున్న పిసరంత బంగారం కోసం కొండంతా తవ్వి, గుండ చేసి, ఆ గుండని నీళ్లల్లో పోసి, గాలించి, అందులోంచి బంగారం నలుసుని ఏరుకున్నట్లే బరువు యురేనియం నుండి తేలిక యురేనియంని

విడతియ్యాలి. రాళ్లల్లోంచి బంగారపు నలుసులని ఏరటమే తేలిక. ఈ రెండు రకాల
యురేనియంల నుండి తేలిక యురేనియం విడదీయటం చాల శ్రమతో కూడిన పని. ఈ సమశ్యని ఛేదించి తేలిక యురేనియంని మొదట విడదీసిన ఘనత ఎర్నెస్ట్ లారెన్స్ అనే వ్యక్తికి దక్కింది. లారెన్స్ ఏమి చేశాడంటే ఈ రెండు రకాల యురేనియం కలిసి ఉన్న ఖనిజాన్ని గుండ చేసి, దానిని వేడి చేసి, దానిని బాష్పం (vapor) గా మార్చి, ఆ బాష్పాన్ని ఒక త్వరణి (accelerator) లో పెట్టి, ఆ త్వరణి చుట్టూ బలమైన అయస్కాంత క్షేత్రం సృష్టించేడు. ఈ అయస్కాంత క్షేత్రంలో జోరుగా ప్రయాణం చేస్తూన్న తేలిక యురేనియం యొక్క మార్గం

ఒక పక్కకి ఒంగిపోతుంది, బరువుగా ఉన్న యురేనియం తిన్నగా వెళిపోతుంది. ఈ పద్ధతి ఉపయోగించి, కష్టపడి ఒక్క బాంబుకి సరిపడా తేలిక యురేనియంని విడదీశాడాయన. ఆ బాంబు హీరోషిమా మీద పడింది. హీరోషిమా, నాగసాకిల మీద పడ్డ బాంబులతో జపాను లొంగిపోకుండా నిలదొక్కుకుని ఉండి ఉంటే పర్యవసానం ఎలాగుండేదో?

1. యురేనియంతో బాంబు చెయ్యటం ఎలా?

నిజానికి యురేనియం బాంబుని తయారు చెయ్యటం పెద్ద కష్టం ఏమీ కాదు: కల్తీ లేని రెండు తేలిక యురేనియం "ముద్దలు" తీసుకుని వాటిని ఒకదానితో మరొకటి జోరుగా ఢీకొనేటట్లు చెయ్యాలి, అంతే. ఒకే ఒక విషయం గుర్తుపెట్టుకోవాలి. అవి ఢీకొన్న తరువాత వాటి మొత్తం గరిమ యురేనియం యొక్క "కీలక గరిమ" ని మించాలి, యురేనియం కీలక గరిమ ఉరమరగా 50 కిలోలు. ఇక్కడ వివరాలు అన్నీ అరటి పండు ఒలిచినట్లు చెపుతూ పోతే ఇది భౌతిక శాస్త్రంలో పాఠం అయిపోతుంది. బాంబు పేలే లోగా మీకు నిద్ర వచ్చేస్తుంది. కనుక టూకీగా తెములుస్తాను.

హీరోషిమా మీద పేలిన బాంబుని చెయ్యటానికి 64 కిలోల స్వచ్ఛమైన తేలిక యురేనియంని వాడేరు ట. కనుక 64 కిలోల స్వచ్ఛమైన తేలిక యురేనియం ఒక కుర్ర కుంకకి ఇచ్చి, వాడికో ఫిరంగిలాంటి పరికరం ఇస్తే బాంబు తయారు! ఫిరంగిలో సగం యురేనియం ముద్దని, ఎదట మిగిలిన సగాన్ని పెట్టి, గురి తప్పకుండా రెండు ముద్దలని ఢీకొట్టిస్తే అది పేలుతుంది.

ఎందుకు పేలుతుంది? యురేనియంకి సహజసిద్ధంగా వికీర్ణాన్ని విడుదల చేసే ధర్మం ఉంది. ఈ ధర్మాన్ని అనుసరించి అప్పుడప్పుడు ఒక యురేనియం అణువు రెండు శక్తిమంతమైన నూట్రానులని విడుదల చేస్తుంది. అలా విడుదల అవడంతో రెండు ప్రక్రియలు జోరందుకుంటాయి. మొదటి ప్రక్రియ. యురేనియం అణువు రెండు ముక్కలు అవుతుంది. ఒక ముక్క బేరియం అణువు, రెండవ ముక్క క్రిప్టాన్ అణువు. ఇలా కొత్తగా పుట్టుకొచ్చిన బేరియం, క్రిప్టాన్ ల మొత్తం అణుభారం ప్రారంభంలో ఉన్న యురేనియం అణుభారం కంటే ఒక్క రవ తక్కువ. భారం ఏమయిపోయింది? అయిన్^స్టయిన్ సమీకరణం ప్రకారం శక్తిగా మారిపోయింది. నశించిన అణుభారం అత్యల్పమే అయినా ఈ సందర్భంలో పుట్టే శక్తి అపరిమితం!

కథ ఇంతటితో అయిపోలేదు. రెండవ ప్రక్రియని కూడా చూద్దాం. యురేనియం విరిగి రెండు ముక్కలయినప్పుడు రెండు న్యూట్రానులు కూడా పుట్టుకొస్తాయి. ఈ రెండు న్యూట్రానులు ప్రయాణం చేసే మార్గంలో మరొక రెండు యురేనియం అణువులు కానీ తారసపడితే, పరిస్థితులు అనుకూలిస్తే, ఆ రెండు న్యూట్రానులు ఆ రెండు యురేనియం అణువులని గుద్దుకుని మరొక నాలుగు శక్తిమంతమైన న్యూట్రానులని విడుదల అవుతాయి. ఇలా అతి కొద్ది సమయంలో న్యూట్రానుల వరదే కాకుండా అపరిమితమైన శక్తి పుట్టుకొస్తుంది.

హీరోషిమా మీద పేల్చిన యురేనియం బాంబు దరిదాపు 5 టన్నుల బరువు ఉంటుంది. అందులో ఉన్న తేలిక యురేనియం 140 పౌనులు (లేదా 64 కిలోగ్రాములు). ఇందులో కేవలం 0.0015 పౌనుల (అంటే, 700 మిల్లీగ్రాములు లేదా 30 వడ్లగింజల బరువు) పదార్థమే శక్తిగా మారింది. పేలిన బాంబు 16,000 టన్నుల టి.ఎన్.టి. పేలినంత శక్తిని విడుదల చేసింది. ఇక్కడ కీలకమైనది కష్టమైనది ఏమిటంటే యురేనియంని శుద్ధి చేసి, విడదీయటం. సహజ సిద్దంగా గనులలో దొరికే యురేనియం ఖనిజంలో వెయ్యింట ఏడు పాళ్లు తేలిక యురేనియం ఉంటుంది. నూటికి నూరు పాళ్లు తేలిక యురేనియం ఉండేటట్లు దీనిని పరిపూర్ణంగా శుద్ధి చెయ్యాలి. రెండవ

రెండవ ప్రపంచ యుద్దంలో అమెరికా వారు శ్రమించి కేవలం 100 పౌనుల శుద్ధ తేలిక యురేనియంని కూడగట్టగలిగేరు. యుద్ధం అయిపోయిన తరువాత ఉష్ణ విసరణం (thermal diffusion) అనే పద్ధతి ఉపయోగించి, టెఫ్లాన్ తో వడపోసి శుద్ధి చేసే ప్రక్రియ కనుక్కున్నారు. ఇప్పుడు ఇంకా అధునాతనమైన ప్రక్రియలు ఉన్నాయి. వీటిల్లో ముఖ్యమైనది అపకేంద్రయంత్రం (centrifuge) సహాయంతో చెయ్యటం పేరెన్నికగన్న పద్ధతి.

2. ప్లూటోనియంతో బాంబు నిర్మించటం

యురేనియంతో కంటె ప్లూటోనియంతో బాంబు నిర్మించటం ఒక విధంగా తేలిక. ప్లూటోనియం కీలక గరిమ 6 కిలోలే. సీసమే సాంద్రమైన పదార్థం అనుకుంటే, ప్లూటోనియం సాంద్రత సీసానికి రెట్టింపు. ఇంత ఎక్కువ సాంద్రత ఉంది కనుక 6 కిలోల ప్లూటోనియం 12 ఔన్సుల కోకాకోలా డబ్బాలో పట్టేస్తుంది. ఈ 6 కిలోల ప్లూటోనియంలో ఉన్న ప్రతి అణువు పేలిపోతే 100 కిలోటన్నుల టి. ఎన్. టి. (TNT) పేలినంత శక్తి విడుదల

అవుతుంది. అమెరికాలో, అలమగొర్డొ లో, ప్రయోగాత్మకంగా పేల్చినది పూర్తిగా పేలలేదు. బాంబులో పెట్టిన ప్లూటోనియంలో 20 శాతం మాత్రమే పేలింది. కనుక అది విడుదల చేసిన శక్తి కేవలం 20,000 టన్నుల టి. ఎన్. టి. తో సమానం. తరువాత్తరువాత అమెరికా, రష్యాలు పోటాపోటీగా పేల్చిన బాంబులతో పోల్చితే ఇది కేవలం సిసింద్రీ. ఈ సిసింద్రీ పేలుడు చూసేసరికే ఆపెన్‌హైమర్ కి గొంతుకలో తడారిపోయి, భగవద్గీతలో ఉన్న "దివిసూర్య సహస్రస్య..." అన్న శ్లోకం జ్ఞాపకం వచ్చేసింది ట. అణు బాంబులు పేలినప్పుడు జరిగే వినాశనంలో 50 శాతం బాధ్యత ఆ బాంబు పుట్టించే పీడన తరంగాలది. ఈ తరంగాల ధాటికి కాంక్రీటు భవనాలు కూడ పేక మేడలలా కూలిపోతాయి. మరొక 35 శాతం భాద్యత పేలుడులో పుట్టిన వేడిది. పేలుడు పరిధిలో పుట్టిన విపరీతమైన వేడికి సకలం భస్మం అయిపోతాయి. కేవలం 15 శాతం బాధ్యత మాత్రమే వికిరణానిది (రేడియేషన్ ది). ఈ దృష్టితో చూస్తే మామూలు బాంబులకి, అణు బాంబులకి పెద్ద తేడా లేదు. అణు బాంబులకి చెడ్డ పేరు రాడానికి కారణం ఒకే బాంబుతో ఎక్కువ మందిని చంపగలగడం!

22. సౌర శక్తి

వాకట్లో దండెం మీద బట్టలు ఆరేసిన వారందరికీ సూర్య రస్మిలో ఉన్న శక్తి గురించి కొంతో, గొప్పో అవగాహన ఉండి తీరుతుంది.

ఈ శక్తి గురించి తెలుసుకునే ముందు ఇంగ్లీషు భాషలో ఉన్న "ఎనర్జీ, పవర్, ఫోర్స్" (energy, power, force) అనే మూడు మాటల అర్థాల గురించి కొద్దిగా విచారిద్దాం. వీటికి ప్రత్యేకమైన తెలుగు మాటలు వాడాలి. ఇక్కడ "ఎనర్జీ" అంటే శక్తి అనీ, "పవర్" అంటే సత్వం అనీ, "ఫోర్స్" అంటే బలం అనీ వాడదాం. ఈ మూడింటికి మధ్య గల సంబంధాన్ని గణిత సమీకరణాలు ద్వారా చెప్పవచ్చు. అవన్నీ గతంలో చెప్పేను

భూతలం మీద, ఒక చదరపు కిలోమీటరు వైశాల్యం ఉన్న మేర పడే సూర్య రస్మి అంతటినీ వాడుకోగలిగితే మనకి ఒక గిగావాట్ (ఒక బిలియను వాట్ల) విద్యుత్ సత్వం (electrical power) లభిస్తుంది. కాని సూర్య రస్మిని విద్యుత్తుగా మార్చటానికి మనకి సౌర కణాలు (solar cells) కావాలి. ప్రస్తుతం అత్యుత్తమమైన సౌర కణాల దక్షత (efficiency) 43 శాతం. కనుక నిజంగా మనకి 1/0.43 అనగా 2.3 చదరపు కిలోమీటర్ల వైశాల్యం ఆక్రమించటానికి సరిపడా సౌర కణాలు ఉంటే ఒక బిలియను వాట్ల విద్యుత్ సత్వం పుట్టించవచ్చు. తులనాత్మకంగా చూడాలంటే భక్రా-నంగల్ లో ఉన్న రెండు జల విద్యుత్ కేంద్రాల సత్వం 1.3 బిలియన్ వాట్లు. (బిలియను అంటే 1000 మిలియనులు.)

దురదృష్టవశాత్తూ 43 శాతం దక్షత గల సౌర కణాలు చాల ఖరీదు. వీటిని అంతర్గ్రహ యానాలకి వాడతారు; మన దైనందిన కార్యకలాపాలకి అంతకంటె చాల చవకరకం (అంటే, తక్కువ దక్షత గల) కణాలు వాడతారు. మనకి అందుబాటులో ఉన్న సౌర కణాల దక్షత ఏ 15 శాతం దగ్గరో ఉంటుంది. కనుక ఒక గిగా వాట్ ఉత్పత్తి చెయ్యటానికి 2.3 చదరపు కిలోమీటర్లు సరిపోవు. ఇంకా మూడింతలు – అంటే, 7 చదరపు కిలోమీటర్ల (లేదా 700 హెక్టర్లు, లేదా 1729 యకరాలు) వైశాల్యం ఆక్రమించాలి.

కనుక సౌర శక్తిని గిగా వాట్ విద్యుత్తుగా మార్చాలంటే మనకి 700 హెక్టర్ల భూమి ఉండి, అక్కడ మబ్బు లేకుండా సూర్యుడు రోజల్లా కాస్తే, ఎండ కాసినంత సేపు భక్రా-నంగల్ వంటి విద్యుత్ కేంద్రాన్ని స్థాపించవచ్చు.

1. కార్లు

పోనీ, భారీ ఎత్తు విద్యుత్ కేంద్రాల మాట దేవుడెరుగు, సౌర విద్యుత్తుతో నడిచే కారుకి రూపకల్పన చేసి చూద్దాం. సూర్యుడు నడినెత్తిమీద ఉన్న సమయంలో ఒక చదరపు మీటరు వైశాల్యం గల స్థలంలో పడ్డ సూర్య రస్మిలో 1 కిలోవాట్ (1,000 వాట్లు) విద్యుత్ సత్వం ఉంటుంది. మనకి అందుబాటు ధరలో దొరికే అత్యుత్తమ శ్రేణి సౌర కణాలు (solar cells) ఈ సత్వంలో 20 శాతం వాడుకోటానికి వీలయిన విద్యుత్తుగా మార్చగలవు. అంటే, 1,000 వాట్లలో అయిదో వంతు, లేదా 200 వాట్లు.

అంటే, ఉరమరగా ఒక అశ్వ సత్వం (horse power) లో నాలుగో వంతు. కనీసం అర అశ్వ సత్వం కావాలంటే కనీసం 2 చదరపు మీటర్ల వైశాల్యం ఉన్న సౌర కణాలు కావలసి ఉంటుంది. అదైనా ఆ ప్రదేశం మీద సూర్య రస్మి, ఏటవాలుగా కాకుండా, తిన్నగా పడాలి – మబ్బులు, మేఘాలు ఆకాశంలో లేని సమయంలో.

ఈ రోజుల్లో మనం తోలే కార్లు ఒక స్థిరమైన వేగంతో నడుస్తూన్నప్పుడు సుమారు 20 అశ్వసత్వాలు ఉపయోగిస్తాయి.

ఎదట ఉన్న కారుని దాటుకుని ముందుకి జోరుగా దూసుకు వెళ్లవలసి వచ్చినప్పుడు కారు త్వరణాన్ని పెంచాలి కనుక ఆ సమయంలో 100 అశ్వసత్వాలు కావలసి ఉంటుంది.

కనుక మనం ఇందాకా లెక్క వేసిన అర్ధ అశ్వసత్వం ఉన్న కారు ఎర్రన్న కుంటెద్దు బండిలా, లంకణాల బండిలా, నడుస్తుంది కనుక ఎవ్వరూ దానిని నడపటానికి ఇష్టపడరు. ఇది విద్యుత్తుతో నడిచే కార్లతో వచ్చే ఒక చిక్కు.

అమెరికా ప్రభుత్వం అంతరిక్షంలోకి పంపే వ్యోమ నౌకలు చాల ఉత్తమ శ్రేణి సౌర కణాలని వాడతాయి. వీటి సామర్ధ్యం బజారులో దొరికే చవక రకం వాటి కంటె రెండింతలు మెరుగు. వీటి ఖరీదు చదరపు మీటరు ఒక్కంటికి లక్ష డాలర్లు ఉంటుంది. వ్యోమ నౌక వెల బిలియను డాలర్లు ఉన్నప్పుడు ఈ పొద్దు పలకలు (solar

panels) మీద లక్ష డాలర్లు పెట్టటానికి వెనుకాడరు. కాని ఈ మోస్తరు ఖర్చు ఒక లంకణాల బండి మీద పెట్టటం అవివేకం.

2. వ్యాపార కోణం

ఆ మధ్య అమెరికాలో, ఆరిజోనాలోని టూసాన్ నగరంలో విద్యుత్ సరఫరా కంపెనీ యూనిట్ 4.5 సెంట్లు చొప్పున సౌర శక్తిని 20 ఏళ్లపాటు కొనడానికి ఒప్పుకుంది. ఇందులో 3 సెంట్లు సౌర శక్తి ధర 1.5 సెంట్లు సౌర శక్తిని నిల్వ చెయ్యడానికి అయే ఖర్చు. ఇది టోకు ధర. టూసాన్ నగరంలో చిల్లర బజారులో విద్యుత్తు ధర యూనిట్ 10 సెంట్లు. దీనిని అణు విద్యుత్తు ధరతో కానీ బొగ్గు కాల్చగా వచ్చే ధరతో కానీ, సహజ వాయువుని మండించగా వచ్చే విద్యుత్తు ధరతో కానీ పోల్చి చూడవచ్చు.

టెస్లా సంస్థ హవాయిలోని కవాయి ద్వీపంలో ఒక సౌర విద్యుత్ కేంద్రాన్ని నిర్మించింది. హవాయి విద్యుత్ సరఫరా సంస్థ ఈ విద్యుత్తుని 20 ఏళ్లపాటు యూనిట్ కి 13.9 సెంట్లు చొప్పున కొనడానికి ఒప్పందం కుదుర్చుకుంది.

23. యానకంలో కాంతి వేగం

మనం మాట్లాడేటప్పుడు సోమరితనం ప్రదర్శిస్తాం. "ట్రాన్సిస్టర్ రేడియో" అనటానికి బద్ధకించి మనలో చాలమంది "ట్రాన్సిస్టర్" అనేసి ఊరుకుంటాం. అలాగే "మైక్రోవేవ్ అవెన్" అనటానికి బద్ధకించి "మైక్రోవేవ్" అనేసి ఊరుకుంటాం. ఇదే విధంగా "కాంతి వేగం" అన్నప్పుడు సాధారణంగా మన ఉద్దేశం "శూన్యంలో కాంతి వేగం." "కాంతి వేగాన్ని మించి ఏదీ ప్రయాణం చెయ్యలేదు" అని శాస్త్రవేత్తలు అన్నప్పుడు "శూన్యంలో కాంతి ప్రయాణం చెయ్యగలిగే వేగాన్ని మించి ఏదీ ప్రయాణం చెయ్యలేదు" అని మనం తాత్పర్యం చెప్పుకోవాలి.

శూన్యంలో కాంతి వేగం ఎంత? క్షణానికి (లేదా, సెకండుకి) 186,282 మైళ్లు. లేదా కచ్చితంగా క్షణానికి 299,792,458 మీటర్లు. తేలిగ్గా జ్ఞాపకం ఉంచుకుందికి దీనిని క్షణానికి 300,000 కిలోమీటర్లు అని ఉరమర సంఖ్య వాడుతూ ఉంటాం.

శూన్యంలో కాకుండా మరే ఇతర పదార్థ యానకం (material medium) లో ప్రయాణం చేసినా కాంతి వేగం కుంటు పడుతుంది. ఖాళీగా ఉన్న మైదానంలో పరిగెట్టగలిగినంత జోరుగా జనసమ్మర్దం ఉన్న బజారు వీధిలో పరిగెట్టగలమా? శూన్యంలో కంటె గాలిలో కాంతి వేగం తగ్గుతుంది. గాలిలో కంటె గాజు దిమ్మలో కాంతి వేగం తగ్గుతుంది. ఎంత తగ్గుతుంది? ఒక యానకం (medium) లో కాంతి వేగం ఎంత తగ్గుతుందో దానిని ఆ యానకం యొక్క వక్రీభవన గుణకం (index of refraction) అంటారు. నీటి యొక్క వక్రీభవన గుణకం 1.33. గాజు వక్రీభవన గుణకం 1.5. వజ్రం వక్రీభవన గుణకం 2.4. అంటే వజ్రంలో కాంతి వేగం కేవలం క్షణానికి 77,618 మైళ్లు లేదా 124,188 కిలోమీటర్లు మాత్రమే! అంటే వజ్రంలో కాంతి పెళ్లినడకలు నడుస్తూ ప్రయాణం చేస్తుందన్నమాట. అందుకోసమే వజ్రం అలా మెరుస్తుందంటారా? ఏమో, నాకు తెలియదు. ఎవరినైనా అడిగి చూడాలి.

కాంతి వేగం యానకంలో ఎందుకు తగ్గుతుంది? కాంతి అంటే విద్యుత్ తరంగాలు, అయస్కాంత తరంగాలు కలిసి ప్రయాణం చేసే జంట తరంగాలు. ఈ విద్యుత్ తరంగాలు యానకంలో ఉన్న అణువుల మీద తమ ప్రభావం చూపి వాటిలో భ్రమణం కలిగిస్తాయి. (తోటలో ఉన్న చెట్లు గాలి తాకిడికి ఊగిసలాడవూ? అలాగన్నమాట.) దీని పర్యవసానం ఏమిటంటే ఏ గురుత్వం లేని తేజాణువులు (photons) అనే కాంతి కణాలు గురుత్వం సంతరించుకున్నట్లు ప్రవర్తిస్తాయి. గురుత్వం పెరిగితే జోరు తగ్గుతుంది. తేజాణువుల జోరు

తగ్గితే కాంతి వేగం తగ్గినట్లే కదా. ఇదంతా మేక్స్వెల్ సమీకరణాలు (Maxwell's equations) రాసి, వాటిని పరిష్కరించి, చూపించవచ్చు.

24. అసలు వజ్రాలు, నకిలీ వజ్రాలు

వజ్రాలు ధగధగ మెరుస్తాయి కనుక వాటికి ఆ ఆకర్షణ వచ్చింది. అలా మెరవటానికి కారణం వజ్రంయొక్క విక్షేపక సామర్థ్యం (dispersive capacity) చాల ఎక్కువ. విక్షేపక సామర్థ్యం అంటే ఏమిటి? కాంతి కిరణం వజ్రంలో ప్రవేశించినప్పుడు కాంతిలో ఉన్న "సప్త" వర్ణాలు విడిపోయి ఎవరికివారే అన్నట్లు అన్ని దిశలలోనూ, వివిధమైన వేగాలతో ప్రయాణం చెయ్యగలిగే సమర్థత. నిపుణులు వజ్రాలని మలచినప్పుడు కాంతి ఎన్నో రంగులుగా విడిపోయి అవి అన్ని దిశలలోకీ చెల్లాచెదురయేటట్లు చేస్తారు. అందుకే వజ్రానికి ఆ ధగధగ!

ఒకానొకప్పుడు వజ్రాలు విరళం, అపురూపం. మహారాజుల కిరీటాలలో కాని, సింహాసనాలలో కాని పొదగబడేవి. అందరికీ లభ్యం అయేవి కావు. అందుకని వాటికి బజారు ధర అంటూ ఏదీ ఉండేది కాదు. ఈ రోజుల్లో అసలు వజ్రాలు పూర్వపు రోజుల్లోలా అపురూపం కాదు కనుక వాటి ధర అంత ఎక్కువ ఉండవలసిన అవసరం లేదు. కాని వజ్రాల వర్తకులు కూడబలుక్కుని వజ్రాల సరఫరా అదుపులో పెట్టి వాటి ధర ఎక్కువ పలికేటట్లు చేస్తున్నారు. పైపెచ్చు "వజ్రం ప్రేమకి చిహ్నం," "ప్రేమ లాగే వజ్రాలు కూడ శాశ్వతం" అని ఒక పుకారు లేవదీసి, ప్రేమలో పడ్డ కుర్రాళ్లకి కిర్రెక్కించి వజ్రాల గిరాకి పడిపోకుండా జాగ్రత్త పడుతున్నారు. వజ్రాలే కాదు, వైడూర్యాలూ శాశ్వతమే, ప్లేస్టిక్‌తో చేసిన పాల సంచులూ శాశ్వతమే అన్న విషయం మనం మరచిపోకూడదు.

ప్రకృతిసిద్ధంగా దొరికే వస్తువులన్నిటిలో వజ్రం ఎక్కువ కఠినమైనది. అందుకని పరిశ్రమలలో వజ్రానికి ఎన్నో ఉపయోగాలు ఉన్నాయి. ఇంత కఠినంగా ఉండే పదార్థం ప్రేమకి ఎలా చిహ్నమౌతుంది?

ప్రియురాలికి ప్రేమని చాటాలంటే వజ్రాల దుద్దులు, వజ్రపు ఉంగరం, వజ్రాల తావళం బహుమతిగా ఇవ్వాలనే ఆచారం అనాదిగా ఉన్నది కాదు; ఈ మధ్య వజ్రపు వ్యాపారులు పుట్టించినది. దక్షిణ ఆఫ్రికాలో, సా. శ. 1870 లో, బ్రిటిష్ వాళ్లకి వజ్రపు గనులు కనిపించేయి. అంతవరకు వజ్రాలు చాల అపురూపం. సామాన్యులకి అందుబాటులో ఉండేవి కావు; కనుక వాటి బజారు ధర ప్రసక్తే లేదు. కొత్తగా కనుక్కున్న గనులలో వజ్రాలు కొల్లలుగా కనిపించడంతో అవి అందరికీ అందుబాటు ధరలోకి వచ్చేయి. ఇన్ని వజ్రాలు ఒక్క సారి బజారున పడితే వాటి ధర పడడం ఖాయం. అందుకని ఆ గనులలో పెట్టుబడి పెట్టిన వాటాదారులు కూడబలుక్కుని, డి బీర్స్ అనే కంపెనీ పెట్టి, ఆ వజ్రాల సరఫరాని అదుపులో పెట్టాలని నిశ్చయించుకున్నారు.

సరఫరాని అదుపులో పెడితే సరిపోదు కదా. ఉన్న వజ్రాలని ప్రజల చేత కొనిపించాలి. అందుకని డి బీర్స్ అమెరికాలో ఉన్న "ఎన్. డబ్ల్యు. ఏయర్స్" అనే పౌర సంబంధ కంపెనీని ఆశ్రయించి వారిచేత వ్యాపార ప్రకటనలు తయారు చేయించేరు. ఈ కంపెనీ చెయ్యవలసిన పని వజ్రాలు అమ్మడం కాదు, బజారులో ఒక షాపుకి ప్రజలని రప్పించడం కాదు; వారు చెయ్యవలసినదల్లా ఒక ఊహని అమ్మడం. ఏమిటా ఊహ? ఒక అమ్మాయిని ఒక అబ్బాయిని ప్రేమించేడనడానికి ఋజువు తోటలో స్టెప్పులు వెయ్యడం కాదు, విరహవేదనతో యుగళ గీతాలు పాడడం కాదు. నిజమైన ప్రేమని చాటాలంటే వజ్రం తోటే చాటాలి. ఈ భావాన్ని ప్రజలకి అమ్మాలి. ఏయర్స్ కంపెనీ వారు రంగంలోకి దిగేరు. రకరకాల కలం పేర్లతో పత్రికలలో కథలు, వ్యాసాలు ప్రచురించేరు. తెర తారల వేళ్లకి వజ్రాల ఉంగరాలు, మెడలలో తావళాలు ఉన్నట్లు రంగురంగుల బొమ్మలు వేయించేరు. ఆ వజ్రాల పరిమాణం ఎంతో, విలువెంతో ప్రచారం చేసేరు. ప్రియురాలికి ఇచ్చే వజ్రం మీద ఎంత డబ్బు ఖర్చు పెడితే అంత ప్రేమ అనుకునేటట్లు కథలు అల్లి ఈ లోకాన్ని మభ్యపెట్టింది ఆ కంపెనీ. "ఎ డయమండ్ ఈజ్ ఫర్ ఎవర్" (a diamond is

forever) అనే నినాదం 1949 నాటికి అందరి నోటా నానే ఒక సామెతగా రూపొందింది. సామాన్యులు కూడా అప్పో, సొప్పో చేసి ప్రియురాలికి వజ్రపు ఉంగరం కొనకపోతే అదేదో మహా పాపంలా భావించేవారు. ఈ ధోరణి ఇప్పటికీ తగ్గలేదు.

అమెరికా ప్రభుత్వం వ్యాపార రంగంలో గుత్తాధిపత్యం ఎవ్వరికీ ఉండకూడదని నిబంధనలు (antitrust laws) జారీ చెయ్యడంతో డి బీర్స్ కంపెనీ ఆటలు సాగలేదు. ఇప్పుడు వజ్రాల వ్యాపారంలో దరిదాపు గుత్తాధిపత్యం సంపాదించినది రష్యా దేశపు "అల్‌రోజా" అనే కంపెనీ. వజ్రాల ధరలు పడిపోతున్నాయని ఈ కంపెనీ వజ్రాల సరఫరాని డిసెంబరు 2008 లో ఆపివేసింది. "ధరని నిలబెట్టలేకపోతే వజ్రానికి విలువెక్కడుంది? అది కేవలం బొగ్గే కదా!" అన్నాడుట అల్‌రోజా తరఫున వకాల్తా పుచ్చుకుని మాట్లాడుతూ ఒక వ్యక్తి.

మరి పేదవాడు తన ప్రేమని ఎలా చాటుతాడు? ఈ వెలితిని పూడ్చటానికి ఈ రోజుల్లో జనతా వజ్రాలు – క్యూబిక్ జర్కోనియా – సులభంగా విపణివీధిలో దొరుకుతున్నాయి. ఈ నకిలీ వజ్రాలని ప్రయోగశాలలో తయారు చెయ్యవచ్చు. అసలువాటి కంటె ఈ నకిలీ వజ్రాల విక్షేపక సామర్థ్యం ఎక్కువ. అందుకని ఇవి

అసలువాటి కంటె బాగా మెరుస్తాయి. అసలు వజ్రాలలో లోపాలు ఉంటాయి. ఈ నకిలీ వజ్రాలని ఏ లోపాలు లేకుండా చాల అందంగా, ఏ ఆకారంలో కావలిస్తే ఆ ఆకారంలో చెయ్యవచ్చు. పైపెచ్చు అసలు వాటితో పోల్చితే ఇవి చచ్చు చవక. నా దగ్గర ఈ రకం నకిలీ వజ్రపు ఉంగరం ఉంది. నా శ్రీమతి నాచేత కొనిపించింది తప్ప తను కొని ఇవ్వనంది. తనే కొనిస్తే తన ప్రేమని చవకబారు ప్రేమ కింద జమ కట్టెస్తానేమోనని భయం ట.

అసలు వజ్రాల కంటె ఈ నకిలీ వజ్రాలు అందంగా ఉండటంతో ఒక చిక్కు వచ్చి పడింది. వజ్రాల ప్రసక్తి వచ్చేసరికి “అందం ముఖ్యమా? వెల ముఖ్యమా?” అని ప్రజలని అడిగితే

వెలకే ఓట్లు పడ్డాయి. అసలు వజ్రపు తావళం వెల ఎక్కువగా ఉండటానికి కారణం ఆ తావళం అందమూ కాదు, ఆ తావళంలో ఉన్న బంగారపు వెలా కాదు; వజ్రాల వెల ఎక్కువగా ఉండటం.

క్యూబిక్ జర్కోనియాతో వచ్చిన మరొక చిక్కు ఏమిటంటే నిజానికి ఇది వజ్రం కంటె అందంగా ఉంటుందేమో, “ఇంత అందంగా ఉన్న వజ్రం, ఇంత పెద్ద వజ్రం, ఈ గొట్టం గాడు ఎలా కొనగలడు, కనుక ఇది మూడొంతులు నకిలీదే అయుంటుంది” అని నకిలీ వజ్రాలు ధరించిన వారిని మొహమాటం లేకుండా ముఖం మీదే అడిగెస్తున్నారు. అందుకని ఇప్పుడు శాస్త్రవేత్తల ముందు ఉన్న సవాలు ఏమిటంటే – క్యూబిక్ జర్కోనియా అందం ఒక్క రవ తగ్గించి నిజం రవ్వలలా కనిపించేటట్టు చెయ్యటం. అప్పుడునిజం రవ్వలేవో నకిలీ రవ్వలేవో చెప్పటం నిజంగా కష్టం!

25. హోలోగ్రాములు

హోలోగ్రాము అంటే ఏమిటో కొంతవరకు వర్ణించి చెప్పవచ్చు కాని అంతా చెప్పటం కష్టం; చూడాలి అంతే. ఇక్కడ కాగితం మీద చూపించే సావకాశం లేదు కనుక వీలయినంత వరకు వర్ణించి ప్రయత్నం చేస్తాను. మంచి హోలోగ్రాము చూడాలంటే ఏ సైన్సు ప్రదర్శనకో వెళ్లి చూడండి. ఏదో దేశవాళీ హోలోగ్రాము చూడాలనుకుంటే మీ జేబులో ఉన్న క్రెడిట్ కార్డ్ మీద తళతళలాడే చిన్న బొమ్మని చూడండి. (ఇండియాలో ఈ రకం కార్డులు వస్తున్నాయో లేదో తెలియదు.)

గ్రీకు భాషలో “హోలో” అంటే పూర్తి, “గ్రామోస్” అంటే సందేశం (message), కనుక హోలోగ్రాం అంటే పరిపూర్ణమైన సందేశం. గ్రామఫోన్ లేదా ఫోనోగ్రాం అంటే “శబ్ద సందేశం”. ఈ లెక్కని కాళిదాసు రచించిన మేఘసందేశం గ్రంథాన్ని ఇంగ్లీషులోకి అనువాదం చేసి దానికి “సినఫోగ్రాం” అని పేరు పెడితే ఎలాగుంటుందో? ఇదే విధంగా ఇంగ్లీషులో “హోలోగ్రాఫిక్ విల్” (holographic will) అంటే పరిపూర్ణమైన వీలునామా. పరిపూర్ణమైన అంటే వీలునామా అంతా – పత్రము, సంతకము, అంతా – చేవ్రాలుతో ఉన్నదని అర్థం. కనుక ఒక “మూర్తి” యొక్క హోలోగ్రాము ఆ మూర్తి ఆకారానికి పరిపూర్ణమైన పునఃసృష్టి. అద్దంలో ముఖం చూసుకున్నప్పుడు అసలు ముఖానికి ప్రతిబింబానికి పరిపూర్ణమైన పోలికలు ఉండటం లేదూ. అద్దం వెనక్కి చెయ్యి పెట్టి చూస్తే అక్కడ ఏమీ ఉండదు. కాని మన ముఖంలో ఉన్న సమస్త కళలు ఆ ప్రతిబింబంలో ఉంటాయి. అద్దంలో ప్రతిబింబాన్ని చూసి ఎవరూ ఆశ్చర్యపోరు; ఎందుకంటే అది మనకి అలవాటు అయిపోయింది కనుక! ఒక విధంగా అద్దంలో కనిపించే ప్రతిబింబం హోలోగ్రాముకి ఉదాహరణగా అనుకోవచ్చు. ఈ లెక్కని "హోలోగ్రాం" అన్న ఇంగ్లీషు మాటని మనం తెలుగులో "పూర్ణసందేశం" అనొచ్చు; అంటే అసలులో ఉన్నది అంతా ప్రతిబింబంలోకి వచ్చిందని తాత్పర్యం.

సినిమా తెర మీద చూసిన బొమ్మలు పల్చగా, అప్పడాలులా, కదలాడుతూ ఉంటాయి; ఈ బొమ్మలకి పొడుగు, వెడల్పు ఉంటాయి కాని లోతు ఉండదు. శిల్పాలకి, విగ్రహాలకి పొడుగు, వెడల్పు, లోతు ఉంటాయి కాని అవి కదలాడవు. మనని ముమ్మూర్తులా పోలి, పొడుగు, వెడల్పు, లోతు ఉన్నవి, మన కదలికలని అనుసరిస్తూ కదలాడేవి కావాలంటే హోలోగ్రాము తయారు చెయ్యాలి. హోలోగ్రాముని చూసినప్పుడు అసలేదో, నకిలీ ఏదో తెలియదు. దగ్గరకెళ్లి పట్టుకుందామంటే అసలుది చేతికి చిక్కుతుంది కాని నకిలీది పట్టుకి దొరకదు.

బల్లపరుపుగా ఉన్న సమతలం మీద పొడుగు, వెడల్పు, లోతు కనిపించే విధంగా ఒక వస్తువు యొక్క ప్రతిబింబాన్ని ప్రక్షేపిస్తే (ప్రొజెక్టు చేస్తే) దానిని హోలోగ్రాము అంటారు. ఈ ప్రక్షేపణ (projection) తెర లాంటి సమతలం మీద జరగాలని నియమం లేదు. ఖాళీగా ఉన్న త్రిమితీయ ప్రదేశం మీదకి కూడ ప్రక్షేపించవచ్చు. అప్పుడు ఎదురుగా, "గాలిలో", ఏ అలంబనం లేకుండా, మూడు దిశలలో వ్యాప్తి చెందిన విగ్రహమూర్తి కనబడుతుంది. ఆ విగ్రహమూర్తికి ఫొటో తీస్తే మామూలు ఫొటోలాగే వస్తుంది. కాని ఆ విగ్రహమూర్తి కనిపిస్తూన్న చోట చెయ్యి పెట్టి తడిమితే ఏమీ తగలదు. ఇది ఒక రకం హోలోగ్రాము. క్రెడిట్ కార్డులమీద కనిపించే హోలోగ్రాము మరొక రకం.



బొమ్మ: క్రెడిట్ కార్డు మీద హోలోగ్రాము

హోలోగ్రాముని ఎలా చేస్తారో, అది పనిచేసే విధానంలోని కిటుకు ఏమిటో వీలునిబట్టి తరువాత చూద్దాం. ప్రస్తుతానికి, హోలోగ్రాము ఉపయోగం ఒకటి చెబుతాను. ఆలోచించి చూడండి.

తిరుపతి కొండ ఎక్కి వేంకటేశ్వరస్వామి వారి దర్శనం చేసుకోవటం ఎంత ప్రయాసతో కూడిన పనో భక్తులకి నేను వేరే చెప్పక్కరలేదు. ఒకసారి (1990 దశకంలో), ఎవ్వరి సహాయం లేకుండా, ఏ పలుకుబడి ఉపయోగించకుండా, మద్రాసులో తెల్లవారు ఝామున ఒకరు బస్సు ఎక్కించి, ప్రత్యేక దర్శనం అని చెప్పి టికెట్టు కొనిచ్చి పంపేరు. వరసలో 12 గంటల పాటు నిలబడవలసి వచ్చింది. ఊపిరి తిరగని ఆ కొట్టు గదులలో, ఆ కూపాలలో, శిక్షించబడ్డ నేరస్తుడిలా నిలబడి, ఏ పాపం చేసి ఈ పొరపాటు చేసి దర్శనానికి వచ్చేనురా దేవుడా అని నన్ను నేనే తిట్టుకుని, రాత్రి 10 గంటలకి దర్శనం చేసుకుని, వరసలోంచి బయట పడి, బస్సు ఎక్కి మద్రాసు తిరిగి చేరుకునే సరికి రాత్రి రెండు అయింది. దర్శనం ఒక్క క్షణమే. స్వామివారి విగ్రహాన్ని అల్లంత దూరంలోంచి తప్ప దగ్గరగా చూడటమే అవలేదు. "కదలండి, కదలండి" అని రక్షక భటులు ఒకటే

గోల. దేవుడు సర్వాంతర్యామి కదా. ఈ కొండ ఎక్కే చూడాలా? ఈ తొడతొక్కిడిలో, అనారోగ్యకరమైన పరిస్థితులలో, ఈ దర్శనం ఎందుకు అనిపించింది. అప్పుడు ఒక తరుణోపాయం తట్టింది.

స్వామి వారి గర్భగుడికి, విగ్రహానికి, ఆ విగ్రహం చుట్టూ ఉన్న సామగ్రికి, విగ్రహం పాదాల దగ్గర కూర్చున్న అర్చక స్వాములకి – ఆ వాతావరణం అంతటికి – హోలోగ్రాము తీసి నాలుగైదు చోట్ల ప్రక్షేపించి, మైలు పైగా పొడుగున్న ఆ వరసలని నాలుగైదు వరసలుగా విడగొడితే వేచి ఉండే సమయమూ తగ్గించవచ్చు. దర్శన సమయం పెంచ వచ్చు. తొడతొక్కిడి తగ్గించవచ్చు. కొండ ఎక్కటానికి అనుకూలపడని వారికి దిగువ తిరుపతిలోనే దర్శన భాగ్యం కలిగించవచ్చు. భక్తుల కోసం స్వామి ఎన్ని సార్లు కొండ దిగి రాలేదు? గోపికల కోసం ఒకే కృష్ణుడు విడివిడిగా కనిపించేడు కదా. అమెరికాలో, మా ఊళ్లో ఉన్న వేంకటేశ్వరస్వామి ఆలయంలో దర్శనం చేసుకుందికి వెళ్లినప్పుడు “నా ఎదట ఉన్నది నకిలీ స్వామి, అసలు స్వామి తిరపతిలో ఉన్నాడు” అని ఏనాడైనా నేను అనుకున్నానా? భక్తుల సంఖ్య ఘాతీయంగా (exponential) పెరిగిపోతూన్న ఈ రోజుల్లో సాంకేతిక పరిష్కారాలమీద ఆగమ శాస్త్రాలు మాత్రం శీతకన్ను ఎందుకు వేస్తాయి?

దగ్గరకెళ్ళి చేత్తో తడిమి చూస్తే కాని అసలుకి, హోలోగ్రాముకీ తేడా తెలియదు. మనని ఎలాగూ గర్భగుడిలోకి వెళ్లి విగ్రహాన్ని ముట్టుకోనివ్వరు, పూజలు చెయ్యనివ్వరు, హారతులు ఇవ్వనివ్వరు. దూరం నుండి దర్శనం చేసుకోటానికి రాతి విగ్రహం అయితేనేమిటి, గాలి విగ్రహం అయితేనేమిటి? వినాయకుడి బొమ్మని శక్తిని బట్టి బంగారంతో చెయ్యవచ్చు, వెండితో చెయ్యవచ్చు, మట్టితో చెయ్యవచ్చు, ఆఖరికి పసుపుతో చెయ్యవచ్చు. శివలింగాలు కూడ అన్ని పదార్థాలతోటీ చెయ్యవచ్చు. జ్యోతిర్లింగం అంటే ఏమిటి?

ఈ రోజుల్లో హోలోగ్రాములని లేసరు కాంతితో చేస్తున్నారు. కనుక హోలోగ్రాము అంటే కాంతి విగ్రహం, జ్యోతిర్ విగ్రహం.

26. సెల్ ఫోనులు

ఈ మధ్య సెల్ ఫోనుల వాడకం విపరీతంగా పెరిగిపోయింది. సా. శ. 2011 లో ఈ భూలోకం జనాభా 7 బిలియనులు (7,000,000,000) అయితే 5 బిలియనుల సెల్ ఫోనులు వాడకంలో ఉండేవిట.

ఇప్పుడిప్పుడే సెల్ ఫోనుల వల్ల ఆరోగ్యం పాడయే ప్రమాదం ఉందేమో అని కొందరు అనుమానం పడుతూ ఉంటే కేన్సరు వచ్చే ప్రమాదం ఉందని కొందరు హెచ్చరిస్తున్నారు. ఇలాంటి హెచ్చరికలలో ఆధారం ఉన్న నిజం ఎంత ఉందో, ఆధారం లేని భయం ఎంత ఉందో మనం తెలుసుకోవాలి.

ముందు మనందరికీ బాగా పరిచయం ఉన్న రేడియో, టెలివిషన్ వంటి ఉపకరణాలకీ సెల్ ఫోనుకీ మధ్య పోలికలు, తేడాలు చూద్దాం. రేడియో కేంద్రం ఎక్కడో ఉంటుంది. అక్కడ నుండి ప్రసారితమైన వాకేతాన్ని (signal) మన ఇంట్లో ఉన్న రేడియో గ్రాహకి (receiver) అనే "డబ్బా" అందుకుంటోంది. ఈ "డబ్బా" రేడియో వార్తలని అందుకోగలదు కాని పంపలేదు. ఆ వార్తలని అందుకోటానికి బయట వాకట్లో పొడుగాటి తీగని వేలాడగట్టేవారు పూర్వం. ఈ తీగనే ఏరియల్ అనేవారు, ఇప్పుడు ఎంటెనా (antenna) అంటున్నారు. ఇదే విధంగా వార్తలని పంపే రేడియో ప్రసారిణి (transmitter) కూడ ఒక పొడుగాటి తీగని వాడుతుంది. ఈ తీగని కూడ ఎంటెనా అనే అంటారు. ఈ ఎంటెనాని ఎత్తయిన, బురుజులాంటి కట్టడం (tower) మీద స్థాపిస్తారు.

సెల్ ఫోను రేడియో గ్రాహకిలా వాకేతాలనీ అందుకుంటుంది, రేడియో ప్రసారిణిలా వాకేతాలని పంపుతుంది. చేతిలో పట్టే ఉపకరణం కనుక పంపటానికి వాడే తీగ, అందుకోటానికి వాడే తీగ (ఎంటెనా) కూడ పొడుగ్గా, భారీగా కాకుండా, చిన్నగా ఉండి ఫోను లోపల ఇమడాలి. ఇలా అన్నిటిని కుదించి, చేతిలో పట్టే ఉపకరణంగా చెయ్యాలంటే రేడియోలలో వాడే "పొడుగాటి రేడియో తరంగాలు" పనికిరావు; అందుకని కాసింత పొట్టిగా ఉండేవి, శక్తిమంతమైనవి అయిన "కాసింత పొట్టి రేడియో తరంగాలు" వాడతారు. మౌలికంగా అదీ సాధారణమైన రేడియోకి, సెల్ ఫోనుకి తేడా.

మరి కొంచెం తరిచి లోతుకి వెళ్ళి చూద్దాం. మానవులని బాల్యం, కౌమారం, యవ్వనం, వార్ధక్యం అని వర్గాలుగా విడగొట్టినా మనం అంతా మనుష్యులమే కదా; వయస్సులో తేడా, అంతే! అలాగే రేడియో

తరంగాలన్నా, సూక్ష్మతరంగాలన్నా, పరారుణ తరంగాలన్నా, కాంతి తరంగాలన్నా, అతినీలలోహిత తరంగాలన్నా, X–కిరణాలు అన్నా, గామా కిరణాలు అన్నా – ఇవన్నీ పేర్లలో తేడా మాత్రమే. ఈ పేర్లలో తేడా ఈ 'తరంగాల పొడుగు' (wavelength) ని బట్టి మారుతూ ఉంటుంది. రేడియో తరంగాలు పొడుగ్గా ఉంటాయి. సూక్ష్మతరంగాలు కొంచెం పొట్టి. కాంతి తరంగాలు అంత కంటె పొట్టి, ఎక్స్–కిరణాలు మరికొంచెం పొట్టి, గామా కిరణాలు బాగా పొట్టి. అవసరాన్ని బట్టి వీటిని విడివిడిగా పేర్లు పెట్టి పిలుచుకోవచ్చు లేకపోతే వీటన్నిటినీ కట్టగట్టి "విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు" అని పిలవచ్చు (రేడియో అధ్యాయంలో ఉన్న బొమ్మ చూడండి.)

"పొట్టి వాడికి పుట్టెడు బుద్ధులు" అన్నట్లు తరంగం పొట్టిగా ఉంటే దాంట్లో శక్తి ఎక్కువ ఉంటుంది. కనుక గామా కిరణాలు (సంప్రదాయికంగా మరి పొట్టిగా ఉండే తరంగాలని కిరణాలు అని పిలుస్తారు) ఎంత శక్తిమంతమైనవి అంటే అవి మన శరీరాన్ని తాకితే చర్మం కాలిపోతుంది. ఎక్స్–కిరణాలు కూడ శక్తిమంతమైనవే. అందుకనే వైద్యుడు ఎక్స్–రే ఫొటోలు తీసేటప్పుడు చాల జాగ్రత్తలు తీసుకుంటాడు; కడుపులో ఉన్న పిండానికి ఎక్స్–కిరణాల తాకిడి మంచిది కాదు. ఇంకాస్త పొడుగైన తరంగాలు అతినీలలోహిత కిరణాలు. ఇవి కంటికి కనబడవు కాని, మనం బయటకి ఎండలోకి వెళితే ఈ కిరణాల ప్రభావానికి శరీరం "కాలి" కమిలి పోతుంది. శీతల దేశాలలో ఉన్న తెల్లవాళ్లు శరీరం మరీ పాలిపోయినట్లు ఉంటే అందంగా ఉండదని ప్రత్యేకించి బీచికి వెళ్లి ఎండలో కూర్చుంటారు. అప్పుడు ఈ అతినీలలోహిత కిరణాల మోతాదుకి శరీరం కమిలి ఎర్రబారుతుంది. ఈ మోతాదు మరీ ఎక్కువైతే శరీరం కమిలి కందిపోవడమే కాకుండా చర్మపు కేన్సరు వచ్చే ప్రమాదం ఉంది. ఇంకా పొడుగైన తరంగాలు కంటికి కనిపించే కాంతి కిరణాలు. ఎండలోకి వెళ్లటం వల్ల మనకి ఏమి ప్రమాదం వస్తున్నాది? వేడికి ఒళ్లు చుర్రుమంటుంది. ఎండలో ఎక్కువ సేపు కూర్చుంటే ఒళ్లు కాలినా కాలుతుంది తప్ప పెద్దగా ప్రమాదం లేదు.

ఇంకా పొడుగైనవి పరారుణ తరంగాలు. ఇంకా పొడుగైనవి సూక్ష్మతరంగాలు లేదా మైక్రోవేవ్స్. (మన దురదృష్టం కొద్దీ ఈ పేరు స్థిరపడిపోయింది కాని, ఈ మైక్రోవేవ్స్ లో సూక్ష్మత ఏమీ లేదు; ఇవి రేడియో తరంగాలతో పోల్చినప్పుడు చిన్నగా ఉంటాయి కాని వీటి కంటె పొట్టి తరంగాలు ఇంకా చాలా ఉన్నాయి కదా!) ఈ కిరణాలని ఉపయోగించి "సూక్ష్మతరంగ ఆవాలు" తయారు చేస్తున్నారు కదా. వీటిలో ఆహార పదార్థాలని వేడి చేసుకున్నప్పుడు ఆ ఆహారం 700 సెల్సియస్ డిగ్రీల వరకు వేడెక్కి పోతుంది. నీళ్లు 100 డిగ్రీల దగ్గర మరుగుతాయి కనుక 700 ఎంత వేడో మీరే ఊహించుకొండి. కనుక సూక్ష్మతరంగాలు ఒంటికి తగిలితే

ఒళ్లు వేడెక్కి, కాలే ప్రమాదం ఉంది. ఇంకా పొడుగైనవి రేడియో తరంగాలు. వీటిని వాడటం మొదలుపెట్టి దరిదాపు ఒక శతాబ్దం అవుతోంది. వీటివల్ల ఆరోగ్యానికి భంగం అని ఎవ్వరు అనలేదు. ఇంకా పొడుగైనవి మన ఇళ్లల్లో దీపాలు వెలిగించుకుందుకి వాడే “కరెంటు” తరంగాలు.

పైన ఉదహరించిన తరంగాలన్నిటిని కట్టకట్టి “విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు” (electromagnetic waves) అని కాని “విద్యుదయస్కాంత వికీర్ణం (లేదా వికిరణం)” (electromagnetic radiation) అని కాని అంటారు. ఈ కథనాన్ని బట్టి అన్ని వికీర్ణాలు ఆరోగ్యానికి హాని చెయ్యవు; శక్తిమంతమైన వికీర్ణాలే ప్రమాదం. ఈ శక్తిమంతమైన వాటిల్లో గామా కిరణాలు, ఎక్స్–కిరణాలు ఎక్కువ ప్రమాదం. అతి నీలలోహిత తరంగాలు కొంచెం తక్కువ హాని చేస్తాయి. సూక్ష్మతరంగాలు ఇంకా తక్కువ హానికరం. టెలివిషన్, రేడియో తరంగాలు, మన ఇళ్లకి విద్యుత్తు సరఫరా చేసే తీగలలో ప్రవహించే తరంగాలు సిద్ధాంతరీత్యా హాని చెయ్యటానికి వీలు లేదు.

సెల్ ఫోనులలో వాడే తరంగాలు, టెలివిషన్, వై–ఫై, బ్లూటూత్ వంటి సాధనాలలో వాడే తరంగాలు అన్నీ – కొంచెం ఇటూ అటుగా – ఒకే కోవకి (అనగా, UHF అనగా Ultra High Frequency జాతికి) చెందిన తరంగాలు. టెలివిషన్ వాడుకలోకి వచ్చి 60 సంవత్సరాలు దాటుతోంది. అప్పుడు లేని కేన్సరు భయం ఇప్పుడు ఎందుకు వచ్చిందో అర్థం కావడం లేదు.

ఇదే విషయాన్ని మరొక విధంగా చెబుతాను. గామా కిరణాలు, ఎక్స్–కిరణాలు, అతి నీలలోహిత కిరణాల తాకిడి వల్ల కేన్సరు వంటి వ్యాధులు వస్తాయనటానికి సాక్ష్యాధారాలు ఉన్నాయి. వీటిల్లో శక్తి “మోలు ఒక్కంటికి 480,000 జూలులు” దాటి ఉంటుంది కనుక వీటి తాకిడి ధాటీకి తట్టుకోలేక మన శరీరంలోని రసాయన బంధాలు తెగిపోతాయి. ఆకుపచ్చ కాంతిలో శక్తి “మోలు ఒక్కంటికి 240,000 జూలులు” ఉంటుంది. ఈ శక్తికి మన కంటి రెటీనా లో ఉండే బంధాలు తెగవు కాని, చలించి ఒంగుతాయి. ఇలా ఒంగినప్పుడు రెటీనా విద్యుత్ వాకేతాలని ఉత్పత్తి చేసి మెదడుకి పంపుతుంది. ఆదే మనకి ఆకుపచ్చ అనే భ్రాంతిని కలుగజేస్తుంది. సెల్ ఫోనులో పుట్టే శక్తి “మోలు ఒక్కంటికి 1 జూలు” కంటె తక్కువ. ఈ శక్తి కంటె ఆకుపచ్చ కాంతి పుట్టించే శక్తి 240,000 రెట్లు ఎక్కువ, అతి నీలలోహిత కిరణాలు పుట్టించే శక్తి 480,000 రెట్లు ఎక్కువ.

ఈ లెక్క ప్రకారం సెల్ ఫోనులకి అపకారం చెయ్యగలిగే స్థోమత లేదు. ఎక్స్-కిరణాలకి అపకారం చేసే స్థోమత ఉన్నా వాటి వాడకం మానెస్తున్నామా? తగు జాగ్రత్తలు తీసుకుంటున్నాం. అతినీలలోహిత కిరణాలు హాని చేస్తాయని తెలుసు కనుక ఎండలోకి వెళ్లినప్పుడు ఒంటికి లేపనం పూసుకోవటం, చలవ కళ్లజోడు పెట్టుకోవటం వంటి జాగ్రత్తలు తీసుకుంటున్నాం. సెల్ ఫోనులు ప్రసరించే వికీర్ణం (రేడియేషన్) వల్ల ప్రమాదం లేకపోయినా, సెల్ ఫోనుల విషయంలో కొన్ని మౌలికమైన జాగ్రత్తలు తీసుకోవాలి.

మొదటి జాగ్రత్త. సెల్ ఫోనుని చేత్తో పట్టుకుని, చెవికి ఆనించి మాట్లాడటం కంటె ఫోనుని జేబులోనో, బల్లమీదో పెట్టుకుని, దాని నుండి ఒక తీగని చెవిదాకా తీసుకొచ్చి వినటానికి, మాట్లాడటానికీ సదుపాయం ఉంటే కొంత ఊరట. తలకీ, సెల్ ఫోనుకీ దూరం పెంచండి. అదే విధంగా, వీలయినప్పుడల్లా శరీరానికి, సెల్ ఫోనుకీ దూరం పెంచండి. ఈ జాగ్రత్తలకి కారణం సెల్ ఫోనులో ఉండే బేటరీ పేలిపోయి, కాలిపోయే సావకాశం ఉంది కనుక!!

రెండవ జాగ్రత్త. సెల్ ఫోను అందుబాటులో ఉంది కదా అని ఇరవైనాలుగు గంటలు అదే పనిగా దానిని చెవికి ఆనించి మాట్లాడటం కంటె, సెల్ ఫోను లోకాభిరామాయణానికి కాదని, అవసరం వెంబడి వార్తలని చేరవెయ్యటానికనీ గమనించి, క్లుప్తంగా వాడటం నేర్చుకోవాలి.

పై రెండు జాగ్రత్తలు తీసుకుంటే వికీర్ణత వల్ల ప్రాప్తించే హాని – ఏ కొదిపాటి ఉన్నా – తగ్గుతుంది.

మూడో జాగ్రత్త. కారు, రైలు వంటి వాహనాలు నడిపేటప్పుడు సెల్ ఫోను మీద మాట్లాడ వద్దు. నాకు తెలుసున్న వ్యక్తి, కుర్రాడు, నవీ ముంబాయిలో కారు తోలుతూ సెల్ ఫోనులో మైమరచి మాట్లాడుతూ ఎదురుగా వచ్చే బండిని చూసుకోకుండా గుద్దేసి నిష్కారణంగా అసువులు బాసేడు. బతికుంటే బలుసాకు ఏరుకు తినొచ్చు.

ఉత్సాహం ఉన్నవారికి మాత్రం:

All cellular phone networks worldwide use a portion of the radio frequency spectrum designated as ultra high frequency, or "UHF", for the transmission and

reception of their signals. The ultra high frequency band is also shared with television, Wi-Fi and Bluetooth transmission.

Microwaves are a form of electromagnetic radiation with wavelengths ranging from as long as one meter to as short as one millimeter; with frequencies between 300 MHz (100 cm) and 300 GHz (0.1 cm).[1][2] This broad definition includes both UHF and EHF (millimeter waves), and various sources use different boundaries. In all cases, microwave includes the entire SHF band (3 to 30 GHz, or 10 to 1 cm) at minimum, with RF engineering often restricting the range between 1 and 100 GHz (300 and 3 mm).

The prefix *micro-* in *microwave* is not meant to suggest a wavelength in the micrometer range. It indicates that microwaves are "small", compared to waves used in typical radio broadcasting, in that they have shorter wavelengths. The boundaries between far infrared, terahertz radiation, microwaves, and ultra-high-frequency radio waves are fairly arbitrary and are used variously between different fields of study.

27. బుద్ధ నగరాలు

భారత దేశంలో 100 "బుద్ధ నగరాలు" నిర్మించాలనే పథకాన్ని ప్రవేశపెట్టే ప్రయత్నాలు జరుగుతున్నాయి కదా. ఇంతకీ "బుద్ధ నగరాలు" అంటే ఏమిటి? వీటిని నిర్మించవలసిన అవసరం ఏమిటి? ఈ నిర్మాణానికి వెయ్యవలసిన పునాదులు ఏమిటి? ఈ రకం అంశాలని ఇక్కడ ప్రస్తావిస్తాను.

తెలుగులో "బుద్ధి" అనే మాటకి mind, intellect అనే అర్థాలతోపాటు intelligence, judgment, wisdom, discrimination వగైరా అర్థాలు కూడ ఉన్నాయి. "బుద్ధిశాలి" అంటే clever or smart person అనే అర్థం కూడ ఉంది. ఈ మాట నామవాచక రూపంలో "బుద్ధి" కనుక విశేషణం రూపంలో "బుద్ధ" అని ప్రయోగించవచ్చు. కనుక "బుద్ధ నగరం" అంటే "స్మార్ట్ సిటీ."

బుద్ధ నగరం అంటే ఏమిటి? అంక సాంకేతికాలు (digital technologies) ఉపయోగించి పురజనులు పురపాలక విధులలో పాల్గొనడానికి వెసులుబాటు కల్పించడం. అంటే పురజనుల మంచిచెడ్డలు, క్షేమం, కుశలత దృష్టిలో పెట్టుకుని, డబ్బు, వనరులు పొదుపు చేస్తూ పాలన చెయ్యడానికి వెసులుబాటు కల్పించడం. ఈ సందర్భంలో సాంకేతిక పరిజ్ఞానం అవసరం కనుక ఇదే విషయాన్ని ఉదాహరణల రూపంలో ఇంకా వివరంగా చెబుతాను.

ఒక్క నగరాల నిర్మాణం లోనే కాదు, ఈ "బుద్ధి కుశలత" ని చాల చోట్ల ప్రవేశ పెట్టవచ్చు. ఉదాహరణకి: బుద్ధ భవనాలు, బుద్ధ కార్లు, బుద్ధ ఫోన్లు, బుద్ధ మీటర్లు. ఈ సందర్భంలో "బుద్ధ" అంటే "ఇంటెలిజెంట్, స్మార్ట్," మాత్రమే కాకుండా ఆ "బుద్ధత్వం" ఆపాదించడానికి వాడే సాంకేతిక పరిజ్ఞానం అని కూడ అన్వయం చెప్పుకోవచ్చు. ఈ ప్రత్యేక సందర్భంలో "బుద్ధ" అంటే "డిజిటల్, ఇంటర్‌నెట్" సాంకేతికాలు అనే విస్తృతార్థం ఇవ్వవచ్చు.

ఈ రోజుల్లో సాంకేతిక రంగంలో వెల్లివిరుస్తూన్న అంతర్జాల (Internet) సౌకర్యాలు, వార్తాప్రసార సాంకేతికాలు (communications technologies), మొదలైన వాటిని ఆసరాగా తీసుకుని "పట్టణాలని నడిపే" వ్యవస్థలో మౌలికమైన మార్పులని తీసుకురావాలనే కోరికే "బుద్ధ నగరాలు" అనే భావనకి పునాది అయింది. కంప్యూటర్ రంగంలో వ్యాపారం చేసే కంపెనీలకి ఇది మహదవకాశం. ఈ మహదవకాశాన్ని

భారతీయ కంపెనీలే చొరవ తీసుకుని వినియోగపరచుకుంటే అవి ప్రపంచ స్థాయి కంపెనీలుగా ఎదిగే అవకాశం ఉంది.

పట్టణాలని "నడపడం" అంటే పురపాలక సంస్థలని నడపడం. పట్టణాలలో నివసించే పౌరుల సౌకర్యం కొరకు ప్రభుత్వం రంగం కాని, ఖానిగీ (private) రంగం కాని పౌరులకి అందించే సేవాకార్యక్రమాలే "నడపడం" అంటే. ఏమిటీ సేవలు? ఉదాహరణకి పురపాలక సంఘాలు పౌరులకి అందించే సపర్యలలో ముఖ్యమైనవి విద్యుత్ సరఫరా, తాగునీటి సరఫరా, ప్రయాణ, రవాణా సౌకర్యాలు, మురుగు పారుదల, చెత్తని తుడిచి వీధులని శుభ్రంగా ఉంచడం, ఆరోగ్య, వైద్య సౌకర్యాలు అమర్చడం, వగైరాలు. ఇవి కాకుండా పన్నులు వసూలు చెయ్యడం, ఇళ్లు కట్టుకుందుకి అనుమతి పత్రాలు ఇవ్వడం, వ్యాపారస్తులకి కావలసిన వెసులుబాట్లు కల్పించడం, మొదలైన పనులు ఎన్నో ఉంటాయి కదా. వీటన్నిటినీ సజావుగా నడిపే యంత్రాంగం ఉంటుంది కదా. ఈ యంత్రాంగాన్ని పౌరులందరినీ సమ దృష్టితో చూస్తూ, లంచాలు, తినుబడులు లేకుండా, నడపడం.

ఈ పనులన్నీ – లంచాలు తింటూ – ఇప్పుడూ చేస్తున్నాము కదా అని మీరు అనుకోవచ్చు. ఇప్పుడు ప్రభుత్వానికి, పురజనులకి మధ్య ఉన్న బంధం "ఇచ్చిపుచ్చుకోలు" (transactional) బంధం. ప్రజలు ఉత్తరాలు, దక్షిణలు ఇస్తున్నారు, ఉద్యోగులు పుచ్చుకుంటున్నారు, పనులు జరుగుతున్నాయి. ఈ ఉత్తర–దక్షిణ బంధం "వాటాదారు" (partnership) బంధంగా మారాలి. అటువంటి సందర్భంలో "హుద్‌హుద్" లాంటి తుపాను వస్తే – లేదా మరొక ప్రాణాపాయమైన సంకటం సంభవిస్తే – ప్రజలు, ప్రభుత్వం కలసి ఆ సమస్యని ఎదుర్కోడానికి కావలసిన హంగులు, వసతులు నగరంలో ఎల్లప్పుడు సర్వసిద్ధంగా ఉండాలి. అదీ బుద్ధ నగరం అంటే!

ఈ బృహత్ ప్రణాళిక అందరికీ అర్థం అయే రీతిలో చెప్పడానికి, ముందస్తుగా కొన్ని చిన్న ఉదాహరణలు ఇస్తాను. "సిటీ బస్సు" ఎప్పుడొస్తుందో, ఎంత ఆలస్యంగా నడుస్తోందో, అది వచ్చే వేళ తెలియక బస్సు ఆగే స్థలాలలో పడిగాపులు పడడం, వంటి అనుభవాల కోసం ఎంతమంది ఎదురు చూస్తారు? బస్సు ప్రస్తుతం ఎక్కడ ఉందో, ఫలానా ప్రదేశానికి ఎంతసేపట్లో వస్తుందో, ఆ బస్సులో ఖాళీ ఉందో, లేదో అన్న విషయాలు వీధి పక్కన ఉన్న ప్రతి "బస్సు స్టేండు" దగ్గర ప్రకటన చెయ్యగలిగే సాంకేతిక స్థోమత ఉంటే ఎంత సదుపాయంగా ఉంటుందో ఆలోచించండి. అదే విధంగా బస్సులో కూర్చున్న వారికి ఎదట "ఆగే స్థలం" (bus stop) పేరు ఏమిటో బస్సులోనే ప్రకటించగలిగే సదుపాయం ఉంటే కొత్తవారికి ఎంత సదుపాయంగా

ఉంటుంది? ఈ రకం సదుపాయం పాశ్చాత్య నగరాలలోని బస్సులలోను, రైళ్లల్లోనూ ఉంది. కలన యంత్రాలు, వార్తాప్రసారక మాధ్యమాలు ముమ్మరంగా ఉన్న ఈ రోజుల్లో ఈ రకం సదుపాయాలు కల్పించడం కష్టం కాదు.

మరొక ఉదాహరణ. గత వేసంగిలో (జూన్ 2014) భువనేశ్వర్ నుండి విశాఖపట్టణం వెళుతూన్న సందర్భంలో మావాడు అరచేతిలో పట్టే కలనయంత్రాన్ని చూసి రైలు ఎప్పుడు, ఎక్కడ ఉందో, స్టేషన్ కి ఎప్పుడు వస్తుందో నాకు నిమిషనిమిషం చెబుతూనే ఉన్నాడు. అంటే, ఈ రకం అవస్థాపన సౌకర్యాలు (infrastructure facilities) మన దేశంలో కూడ వస్తున్నాయి.

మరొక ఉదాహరణ. ఒక బంగీని ఒక ఊరు నుండి మరొక ఊరికి పంపినప్పుడు ఆ బంగీ ఎప్పుడు, ఎక్కడ ఉందో, అది ఎప్పుడు మన ఇంటి గుమ్మం ముందు వాలుతుందో చెప్పగలిగే స్థోమత కూడ మనకి మన దేశంలో ఉంది. అందరికీ అందుబాటులో లేకపోవచ్చు కాని, ఉండడం ఉంది.

ఇంకొక ఉదాహరణ. "బుద్ధ దూరవాణి" ("స్మార్ట్ ఫోన్") సంగతే చూద్దాం. మామూలు (అంటే, బుద్ధి లేని) "సెల్ ఫోనులు" వాడుకలోకి వచ్చేక వాటిని వాడని వారు అరుదు. చాకలి, మంగలి, పాల మనిషి, పని మనిషి, ఇలా సర్వులూ ఈ రోజుల్లో సెల్ ఫోనులు వాడుతున్నారు కదా. నాసి రకం, చవక రకం (బుద్ధి లేని) ఫోనులు అయితే మరొకరితో మాట్లాడడానికే పరిమితం. కాని వాటిల్లో కాసింత "బుద్ధి" ని జొప్పిస్తే అదే పనిముట్టుతో మరెన్నో పనులు చేసుకుని ప్రయాస తగ్గించుకోవచ్చు, అనుకోని దిశలనుండి లబ్ది పొందవచ్చు. ఉదాహరణకి సెల్ ఫోనుని అంతర్జాలానికి తగిలించేమంటే అంతర్జాలంలో లభ్యం అయే సమాచారం అంతా అరచేతిలోకి వస్తుంది. ఇప్పుడు ఈ పరికరాన్ని రైతు చేతిలో పెడితే వానలు ఎప్పుడు పడతాయో, తుఫానులు ఎప్పుడు వస్తున్నాయో తెలుసుకుని నారుమడులు ఎప్పుడు పోయాలో, కోతలు ఎప్పుడు కొయ్యాలో, వగైరా నిర్ణయాలు ముందుచూపుతో చేసుకోవచ్చు. "గాలిలో దీపం పెట్టి అంతా నీదే భారం" అని నిస్పృహ పడనక్కర లేదు.

"జి. పి. ఎస్" (GPS) సౌకర్యం వచ్చిన తరువాత సెల్ ఫోనుల శక్తి ఇంకా పెరిగిపోయింది. ఈ రోజుల్లో మనం ఎక్కడున్నామో మనకి తెలియకపోయినా మన సెల్ ఫోను పసికట్టకలదు. ఇప్పుడు నేను మన రాష్ట్రం దాటి బయటకి వెళితే భాష అర్థం కాదు. ఇంగ్లీషు అందరికీ రాదు. కాని అందరి దగ్గరా సెల్ ఫోను ఉంటోంది. నేను అహమ్మదాబాద్‌లో విమానం దిగి నా సెల్‌ఫోనులో తెలుగులో మాట్లాడితే అది నా మాటని గుజరాతీలోకి

తర్జుమా చేస్తే ఎంత సదుపాయంగా ఉంటుంది! నేను లక్నోలో దిగితే అదే ఫోను హిందీలోకి తర్జుమా చెయ్యాలి.

ఈ రకం పరిచర్యలు అన్నీ అందుబాటులో ఉండాలంటే ఆ నగరంలో అంతర్జాలం 24 గంటలూ అందుబాటులో ఉండాలి. విద్యుత్ సరఫరా ప్రతిరోజూ, 24 గంటలూ ఆగిపోకుండా ఉండాలి. బుద్ధ నగరాలు అని కోలాహలం చేస్తే సరిపోదు. ఈ కనీస అవసరాలు ముందు సమకూర్చాలి.

మౌలికమైన సౌకర్యాలు సమకూరిన తరువాత బుద్ధ నగరాలని ఎవరి అవసరాలకి తగినట్టు వారు తీర్చి దిద్దుకోవచ్చు. ఉదాహరణకి ఈ రకం సాంకేతిక పరిజ్ఞానంతో వీధులలో కార్ల రద్దీని అదుపులో పెట్టవచ్చు. కార్లని నిలిపే స్థలాలు ఎక్కడ ఖాళీగా ఉన్నాయో చోదకులకి తెలియపరచవచ్చు. జనసంచారం లేని చోట్ల విద్యుత్ దీపాలని ఆర్పి ఆదా చెయ్యవచ్చు. మారుతూన్న వాతావరణ పరిస్థితులని దృష్టిలో పెట్టుకుని ఏయే మొక్కలకి ఎప్పుడు నీళ్లు పొయ్యాలో నిర్ణయించి నీటి ఖర్చు తగ్గించుకోవచ్చు.

ఈ సదుపాయాలు ఉన్న నగరం ఎలా ఉంటుంది? మూడొంతులు ఈ నాటి సింగపూర్‌లా ఉంటుంది. అంతా సింగపూర్‌లా ఉంటే మనకి నచ్చకపోవచ్చు. సింగపూర్‌లో ప్రభుత్వం వారి ఆధిపత్యం, నియంత్రణ, పర్యవేక్షణ అడుగడుగునా కనిపిస్తూ ఉంటుంది. ప్రతి పౌరుడి చర్యలని ప్రభుత్వం ఒక కంటితో చూస్తూనే ఉంటుంది. స్వేచ్ఛకి అలవాటు పడ్డ ప్రాణాలకి ఇన్ని కట్టుబాట్లు ఉంటే బతకడం కష్టం. కాని అలా ఉండవలసిన అవసరం లేదు. అదే అంక సాంకేతికం (digital technology) లో ఉన్న సౌకర్యం. మన వైయక్తిక స్వతంత్రాలకి తిలోదకాలు ఇవ్వనక్కర లేకుండా ప్రభుత్వం యంత్రాంగాన్ని సమర్ధవంతంగా నడపడానికి అవకాశాలు ఉన్నాయి.

సానుభూతితో ప్రజలు ప్రభుత్వంతో సహకరించకపోయినా, ప్రభుత్వోద్యోగులు "మేము లంచాలు తినకుండా పని చెయ్యలేము" అని భీష్మించుకుని కూర్చున్నా ఎన్ని బుద్ధ నగరాలు నిర్మించినా ప్రయోజనం ఉండదు. సాంకేతిక విద్య ప్రజలలో మార్పుని తీసుకుని రాలేదు, అది మన బుర్రలో పుట్టాలి!

28. భూగోళం వేడెక్కిపోతోందా?

అంతర్జాతీయ రాజకీయ రంగంలో అన్ని దేశాలతోపాటు భారతదేశం కూడ ఎన్నో సమస్యలని పరిష్కరించుకోవాలి. ఒప్పందాలు చేసుకోవాలి. చేసుకున్న ఒప్పందాలని నియమ నిష్ఠలతో పాటించాలి. మనది ప్రజాస్వామ్యం కనుక ప్రజల ఇష్టాయిష్టాలతో నిమిత్తం లేకుండా ప్రభుత్వం పరదేశాలతో ఒప్పందం చేసుకోలేదు. ఇదే విధంగా ప్రపంచంలో ఉన్న అగ్రరాజ్యాలు కూడ – చాల మట్టుకి – ప్రజల కొరకు, ప్రజలచేత నడపబడే ప్రభుత్వాలే. అంటే ప్రపంచ వ్యాప్తంగా అందరూ ఒప్పుకుంటే కాని ఏ పనీ జరగదు. లోకో భిన్నరుచి అన్నారు కనుక అందరూ ఎలాగూ ఒప్పుకోరు. ఒప్పేసుకుంటే ఎక్కడనుండి ఏ ప్రమాదం ముంచుకొస్తుందో అని బంగారాన్ని చూపించి పచ్చగా ఉందని ఒప్పుకోమన్నా ఒప్పుకోరు. రెండు దృక్పథాలు చూద్దాం.

"భూగోళం వేడెక్కిపోతున్నాది, ఈ పరిస్థితిని అదుపులో పెట్టకపోతే ధ్రువాల దగ్గర ఉన్న మంచు కరిగిపోతుంది. హిమనీనదాలు (glaciers) కరిగిపోతాయి. సముద్రపు మట్టం పెరిగిపోతుంది. తీర ప్రాంతాలు మునిగిపోతాయి. అతివృష్టి, అనావృష్టి వల్ల పంటలు దెబ్బ తింటాయి. అకాలంలో వరదలు, బీభత్సమైన తుఫానులు, సుడిగాలులు, ఇలా ఎన్నో ఈతి బాధలు ఎదురవుతాయి" అంటూ అందరూ బెదిరిస్తున్నారు కదా. ఇదంతా నిజమే అయితే ఈ రాబోయే ఉపద్రవాలని అరికట్టాలంటే భూగోళం విశృంఖలంగా వేడెక్కిపోకుండా ఆపాలి. ఇది శ్రమతోటీ, ఖర్చుతోటీ కూడుకున్న పని. ఈ శ్రమ ఎవరు పడాలి? ఈ ఖర్చు ఎవరు భరించాలి? "ఇది భూగోళానికి చెందిన సమస్య కనుక అందరు కలిసికట్టుగా పనిచెయ్యాలి, శ్రమ, ఖర్చు పంచుకోవాలి." అంటున్నారు అగ్రదేశాలవారు.

"భూగోళం వేడెక్కిపోడానికి కారకులు అగ్రదేశాలు. వారు ప్రగతి పథంలో ప్రయాణం అంటూ గత రెండు శతాబ్దాలుగా శిలాజ ఇంధనాలని (fossil fuels) విచ్చలవిడిగా కాల్చడం వల్లే వాతావరణంలో కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ వాయువు లేదా సిఒ2 పాలు పెరుగుతోంది. అది హరితగృహ వాయువు (greenhouse gas) కావడం వల్ల భూమి క్రమేపీ వేడెక్కి పోతోంది. ఈ సమస్యని కలుగజేసింది వారు. కనుక వాతావరణాన్ని ప్రక్షాళనం చేసే బాధ్యత కూడ వారిదే" అంటున్నాయి బడుగు దేశాలు, వర్ధమాన దేశాలు ఏకకంఠంతో. ఈ వాదోపవాదాలూ, ఆత్మ స్తుతులూ, పరనిందలూ అంతూ, దరీ లేకుడా పోతున్నాయి.

ఈ వాదన మరొక కోణం గుండా కూడ సాగుతోంది. "భూగోళం నిజంగా వేడెక్కుతోందనే అనుకుందాం. ఈ ప్రక్రియకి కారణం మానవుడు కాదు, మానవుడు చేసే పనులు కావు. భూగోళం చరిత్రని వెనక్కి తిరగేసి చూస్తే ఈ రకం వేడెక్కడం, చల్లారి గడ్డకట్టుకుపోవడం కేవలం నైసర్గిక ప్రక్రియలు. వీటికీ, మానవుడి కార్యకలాపాలకీ, పారిశ్రామిక విప్లవానికీ ఏమాత్రం సంబంధం లేదు. కనుక ఒక వర్గాన్ని దోషులుగా ఎంచి ప్రయోజనం లేదు." అని అగ్రదేశాలు అంటున్నాయి.

ఈ సమస్యకి నాలుగో కోణం కూడా ఉంది. ప్రతీ ఋతువులోనూ వాతావరణ పరిస్థితులు ఒకేలా ఉండవు. ఒక వేసంగిలో ఆకాశం నిప్పులు చెరిగెస్తే, మరొక వేసంగి సజావుగా వెళ్లిపోతుంది. ఈ రకం మార్పులు తాత్కాలికాలు. నిలకడ మీద చూస్తే నిజానికి మనకి కనిపించే మార్పులన్నీ సహజసిద్ధాలు. కనుక ఈ రోజున వేడెక్కిన భూమి మరొక రోజు దానంతట అదే చల్లారుతుంది. కనుక వాదోపవాదాలు అనవసరం.

ఈ రకం అభిప్రాయ బేధాలు, వాదోపవాదాలు శాస్త్రీయ పరిశోధనా రంగంలో రివాజుగా జరిగేవే. కాని శాస్త్రం చూపించే ప్రత్యక్ష ప్రమాణాలనీ (direct evidence), అనుమాన ప్రమాణాలని (inferential evidence) జాగ్రత్తగా పరిశీలించగలిగే శక్తి, ఓపిక అందరికీ ఉండవు. ఈ పరిస్థితిలో ఈ వాదాలకి రాజకీయాలు జోడించినా, స్వలాభాపేక్షతో నిజాలకి మసి పూసినా వాదాలు చెలరేగి రగుల్కొంటాయి. వేడి పుడుతుంది కాని వెలుగు పుట్టదు.

శాస్త్రీయ లోకంలో వచ్చే మరొక చిక్కు. ఇంగ్లీషులో "నార్మల్" (normal) అనే మాట ఉంది. దీనికి సాధారణమైనది, అందరూ ప్రమాణంగా తీసుకునేది, సామాన్యమైనది అనే అర్థాలు ఉన్నాయి. ఉదాహరణకి మనిషికి జ్వరం వచ్చిందో లేదో చూడడానికి తాపమాపకంతో శరీరం ఎంత వేడిగా ఉందో కొలుస్తాం. ఎంత వేడిగా ఉంటే జ్వరం లేనట్లు? ఇక్కడ ఏకాభిప్రాయం – వైద్యులలోనే – లేదు. కాని నా చిన్నతనంలో వైద్య తాపమాపకాల మీద 98.4 దగ్గర చిన్న ఎర్ర గీత ఉండేది. (ఆ రోజుల్లో ఫారెన్^హైట్ కొలమానం వాడుకలో ఉండేది.) ఉష్ణం ఆ ఎర్ర గీతకి కొద్దిగా దిగువన ఉంటే సాధారణం, దాటి బాగా ఎగువకిపోతే అసాధారణం అని లెక్క.

ఇదే ధోరణిలో భూగ్రహం తాపోగ్రత ఎంత ఉంటే సాధారణం, ఎంత ఉంటే అసాధారణం? ఇక్కడ కూడ ఫలానా అంటూ ఒక అంకె చెప్పలేము. ఉదాహరణకి, 650 మిలియను సంవత్సరాల క్రితం, అంటే ఈ

భూమిని భూతబ్బల్లులు (dynasaurs) ఏలిన కాలానికి పూర్వం, భూమి ఉపరితలం – ధ్రువాల నుండి అయనరేఖా మండలాల వరకు (అనగా, కర్కాటక, మకర రేఖల వరకు) – దట్టమైన మంచుతో కప్పబడ్డ హిమనీనదాలతో నిండి ఉండేది ట. అప్పుడు ఎంత చలిగా ఉండేదంటే భూమధ్యరేఖ దగ్గర, సముద్రం మీద పలచని మంచుపొర సంవత్సరం పొడుగునా ఉండేది ట.

అదే భూగోళం మీద 500 మిలియను సంవత్సరాలు పోయిన తరువాత, అంటే, జురాసిక్ (Jurassic) యుగం దాటి క్రెటేషస్ (Cretaceous) యుగంలో ప్రవేశిస్తూన్న సంధి కాలంలో – తుపాకేసి చూసినా సరే – మచ్చుకో మంచు ముక్క ఎక్కడా కనిపించేది కాదుట. గోళం అంతా అంతగా వెచ్చబడిపోయింది ట. ఆ రోజుల్లో సైబీరియాలో కొబ్బరి, తాటి తోపులు ఉండేవి ట. ఉత్తర ధ్రువ ప్రాంతాలలో మొసళ్లు ఉండేవి ట. ఇవి ఊహాగానాలు కాదు. శాస్త్రీయమైన ఆధారాలు ఉన్నాయి.

భూగోళం అంతా మంచుగోళంలా ఉన్న రోజుల్లో ప్రపంచంలోని నీటి సరఫరాలో సింహభాగం గడ్డకట్టుకుపోయిన మంచు రూపంలో ఉండేది ట. క్రిటేషస్ యుగం వచ్చేసరికి ఆ మంచు అంతా కరిగిపోవడం వల్ల ప్రపంచవ్యాప్తంగా సముద్ర మట్టం – నేటితో పోల్చి చూస్తే – వందల కొద్దీ మీటర్ల మేరకి పెరిగిపోయిందిట. మరొక రెండు మిలియను సంవత్సరాల తరువాత, అంటే భూగోళం ప్లయిస్^టొసీన్ (pleistocene) యుగంలో ప్రవేశించిన తరువాత, సదావరణం (climate) ఉడికిపోతూ కొన్నాళ్లు, గడ్డ కట్టుకుపోయి కొన్నాళ్లు – ఊగిసలాడింది ట. ఈ ఊగిసలాటలో ఒక సారి భూమి, తాపోగ్రత, గ్రహ వ్యాప్తంగా, 5 డిగ్రీలు సెల్సియస్ మేరకి పెరిగి, కొన్ని శతాబ్దాలపాటు అలా వేడిగా ఉండి, నెమ్మదిమీద సర్దుకుని, “యథా” స్థానానికి దిగి వచ్చింది ట. భూమి తాపోగ్రత ఇలా ఊగిసలాడడం ఎవరి తప్పు? అప్పుడు, అక్కడ మనుష్యులు లేరే!

ఈ కథనం చదివిన తరువాత భూమి యథా స్థానపు తాపోగ్రత (లేదా “యస్థాతా” లేదా normal temperature) ఎంతని అడిగితే ఏమని సమాధానం చెప్పగలం? యస్థాతా విలువ తెలియనప్పుడు భూగ్రహానికి జ్వరమే వచ్చిందో, కాళ్లూ చేతులూ చల్లబడిపోతున్నాయో ఎలా చెప్పగలం? ఇవి చాల జటిలమైన ప్రశ్నలు. వీటికి సమాధానాలు కొన్నింటిని మరొక సారి కలుసుకున్నప్పుడు విచారిద్దాం.

29. హరితగృహం

పగలు సూర్యుడి నుండి వచ్చే వికిరణం (కంటికి కనిపించే కాంతి, కంటికి కనబడని పరారుణ కిరణాలు) వల్ల మన భూమి వెచ్చబడుతోంది. రాత్రి సమయంలో ఈ వేడి పరారుణ కిరణాల (infrared) రూపంలో వికిరణ చెందగా భూమి చల్లబడుతోంది. పగలు రవి వికిరణ వల్ల మన గ్రహం సముపార్జించే వేడిలోంచి రాత్రి వికిరణ వల్ల ఉద్గారితమయే వేడిని తీసివేస్తే నికరంగా భూమికి ప్రతి రోజు ఎంత వేడి సంక్రమిస్తోందో తెలుస్తుంది. ఈ లెక్క ప్రకారం మనకి నికరంగా మిగిలే వేడికి మంచు కరగదు. అంటే భూమి ఎల్లప్పుడూ మంచుతో కప్పబడి ఉండాలి. మన సముద్రాలు రాయిలా గడ్డకట్టుకుపోయి ఉండాలి. కాని అలా లేదు కదా. దీనికి కారణం భూమిని దుప్పటిలా కప్పిన మన వాతావరణం. ఈ దుప్పటి వల్ల భూమి వెలిగక్కుతూన్న పరారుణ కిరణాలు అన్నీ బయట ఉన్న రోదసిలోకి పోకుండా మనకి దగ్గరగా ఉండి వెచ్చదనాన్ని ఇస్తాయి.

పైన వర్ణించిన ప్రక్రియ, హరితగృహం (greenhouse) లో జరిగే ప్రక్రియ ఒకటే. హరితగృహం అంటే ఏమిటి? ఇవి భారతదేశంలో కంటె శీతల మండలాలలో తరచు కనిపిస్తూ ఉంటాయి. చలి దేశాలలో అరటి మొక్కల వంటి ఉష్ణమండలపు మొక్కలు పెరగవు. అటువంటి మొక్కలని పెంచాలనుకుంటే వాటిని ప్రత్యేకంగా గాజు అద్దాలతో కట్టిన సాలలో పెంచుతారు. గాజు సూర్య రస్మిని లోపలికి పోనిస్తుంది కాని లోపల నుండి పరారుణ కిరణాలని (అంటే, వేడిని) బయటకి పోనివ్వదు. కనుక బయట చలిగా, మోడుబారి ఉన్నా ఈ గాజద్దాల గృహాలలో వెచ్చగా ఉంటుంది కనుక ఇవి పచ్చటి మొక్కలతో కలకలలాడుతూ ఉంటాయి.

మన వాతావరణం కూడ ఇదే విధంగా భూమిని వెచ్చగా ఉంచుతుంది. మన వాతావరణం ఈ లక్షణాన్ని ఎలా సంతరించుకుంది? మన వాతావరణంలో ఉన్న కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ (బొగ్గుపులుసు వాయువు) అనే వాయువు వల్ల వాతావరణానికి ఈ లక్షణం వచ్చింది. అందుకనే కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ వంటి వాయువులని హరితగృహ వాయువులు (greenhouse gases) అంటారు. మానవుడు పుట్టకపూర్వం నుండీ ఈ హరితగృహ వాయువు భూమి వాతావరణంలో ఉంటోంది. ఈ హరితగృహ ప్రభావం లేకపోతే మన మనుగడకి మన ప్రగతికి వీలైన వాతావరణం ఈ భూమి మీద ఉండేది కాదేమో!

మరైతే ఏమిటీ గోలంతా? "హరితగృహ వాయువులు వల్ల భూమి వేడెక్కిపోతోంది. మంచుకొండలు కరిగిపోతున్నాయి, సముద్రమట్టం పెరిగిపోతోంది. పల్లపు భూములు మునిగి పోతున్నాయి. తుఫానుల తీవ్రత

పెరిగిపోతోంది" అంటూ పర్యావరణ పరిరక్షకులు చేసే ఈ గోలంతా ఏమిటి? మనం అభివృద్ధి పేర చేపట్టే కార్యక్రమాలు (బొగ్గుని, పెట్రోలుని కాల్చటం వంటివి) ఇంతవరకు బాగా ఉన్న వాతావరణాన్ని అకస్మాత్తుగా హరితగృహంగా మార్చెయ్యటం లేదు. మన వాతావరణం మిలియన్ల సంవత్సరాలనుండి హరితగృహం లానే ప్రవర్తిస్తోంది. అభివృద్ధి పేరిట మానవుడు ఈనాడు చేసే కార్యక్రమాలు ఈ హరితగృహ ధోరణి యొక్క జోరుని పెంచుతున్నాయి. అదీ ఆరాటానికి కారణం.

సహజసిద్ధంగా ఉన్న హరితగృహ ప్రభావం వల్ల మన వాతావరణం అనే దుప్పటి భూమి సగటు ఉష్ణోగ్రతని –1 డిగ్రీ సెల్సియస్ (30 డిగ్రీలు ఫారెన్‌హైట్) దగ్గర ఉంచగలుగుతోంది. పారిశ్రామిక విప్లవం ద్వారా మానవుడు వాతావరణంలోకి విడుదల చేసే కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ కారణంగా ఈ సగటు ఉష్ణోగ్రత, ఈ శతాబ్దం అంతం అయే వేళకి మరొక 1–2 డిగ్రీలు (5 డిగ్రీలు ఫారెన్‌హైట్) పెరిగే అవకాశం ఉందని శాస్త్రవేత్తలు అంచనా వేస్తున్నారు. అప్పుడు భూమి సగటు ఉష్ణోగ్రత సెల్సియస్ కొలమానంలో 0 డిగ్రీలు దాటుతుంది. ఆ వేడికి మంచు కరిగిపోతుంది. అప్పుడు దక్షిణ ధ్రువం దగ్గర పేరుకున్న అపారమైన మంచు దిబ్బలు కరిగిపోతే సముద్రమట్టం పెరుగుతుంది.

వాతావరణంలో విపరీత పరిస్థితులు పుడతాయి. అదీ ఈ ఆందోళనకి కారణం. మంచు కరగటం మొదలుపెట్టిన తర్వాత, చేతులు కొయ్యబారిపోయిన తరువాత – ఆకులు పట్టుకుని లాభం లేదు. అనుమాన ప్రమాణాలని ఆధారంగా చేసుకుని, ముందు చూపుతో చెయ్యవలసిన పని ఇది. ఎప్పుడో ఉద్యోగ విరమణ అయిన తరువాత వార్ధక్యానికి కావలసిన డబ్బుని వెనకెయ్యచ్చులే అని ఉపేక్ష చేసినట్లే ఉంటుంది – ఇప్పుడు నిర్లక్ష్యం చేస్తే!

30. ఉపయుక్త గ్రంథాలు

1. Richard A. Muller, Physics for Future Presidents: The Science Behind the Headlines, available at Amazon

2. Richard A. Muller, Physics and Technology for Future Presidents, Available at Amazon

3. Carl Sagan, Billions and Billions, Random House, 1997

31. సాంకేతిక పదాలకి అర్థాలు

అంక సాంకేతికాలు, digital technologies

అంతర్జాలం, Internet

అణువు, atom

అణ్వస్త్రాలు, atomic weapons

అణు భారం, atomic mass

అణువు, atom

అణు శక్తి, atomic Energy

అణు సంఖ్య, atomic number

అత్యూద, ultraviolet

అనుజనితాలు, byproducts

అనుమాన ప్రమాణం, inferential evidence

అపకేంద్రయంత్రం, centrifuge

అయనీకరణ, ionization

అవస్థాపన సౌకర్యాలు, infrastructure facilities

అవిచ్ఛిన్న వర్ణమాల, continuous spectrum

ఆవేశం, charge

అశ్వ సత్వం, horse power

ఇంద్రధనుస్సు, rainbow

ఇంధన కోష్ఠికల మేటు, stack of fuel cells

ఉత్తేజిత శక్తి స్థానాలు, excited states

ఉదజని, hydrogen, H

ఉద్గమనాలు, emissions

ఉపతాపి, patient

ఉష్ణ విసరణం, thermal diffusion

ఉష్ణ శక్తి, heat energy

ఏకస్థానులు, isotopes

కర్రి కాయ, black body

కొలతాంశం, measurement unit

ఊరోపరి, laptop

గణాంకాలు, statistics

గతిజ శక్తి, kinetic energy

గది, room; cell

గరిమ, mass

గ్రాహకి, receiver

గుంపు, group

గురుత్వాకర్షణ బలం, gravitational force

గుళిక, quantum

గుళిక వాదం, Quantum Theory

గుళిక విప్లవం, quantum revolution

ఘటక ద్రవ్యాలు, ingredients

ఘటమాల, battery

ఘాతీయంగా, exponentially

జోరు, speed

తరంగ దైర్ఘ్యం, wavelength

తరంగ సమీకరణం, wave equation

తరచుదనం, frequency

త్వరణం, acceleration

త్వరణి, accelerator

తాపోగ్రత, temperature

తేజాణువు, photon

దక్షత, efficiency

దిశ, direction

దృగ్విషయం, phenomenon

దృశ్య కాంతి, visible light

నిర్మాణశిల్పం, structure; structural formula;

నిలకడ తరంగం, standing wave

నిష్ణాతులు, experts

నూటనిక యంత్రశాస్త్రం, Newtonian mechanics

నేలబొగ్గు, coal

పట్టకం, prism

పదార్థం, matter

పదార్థ తరంగాలు, matter waves

పని, work

పరమాణువు, subatomic particle (like electron, proton, neutron)

పరారుణ, infrared

పరిపూర్ణమైన వీలునామా, holographic will

పరిమాణం, size

పరిక్షేపం, scattering

ప్రక్షేపణ, projection

ప్రత్యక్ష ప్రమాణం, direct evidence

ప్రతిపదార్థం, antimatter

ప్రభావం, effect

ప్రయోగాలు, experiments

ప్రయోగాత్మక, experimental

ప్రసారిణి, transmitter

పాదరసం, mercury, Hg

పాటవం, power

పీడనం, pressure

పూర్ణసందేశం, hologram

బణువు, molecule

బలం, force

బాలం, valency

బాష్పం, vapor

బాహుబలం, valency

బుద్ధ నగరాలు, smart cities

బృహత్ బణువు, mega-molecule

భారవేగం, momentum; mass x velocity

భూతబ్బల్లులు, dynasaurs

మరిగే స్థానం, boiling point

మసకత, opacity

ముడి చమురు, petroleum

మురుగు, sewage

యథా స్థానపు తాపోగ్రత, normal temperature

యశదం, zinc, Zn

యస్థాతా, యథా స్థానపు తాపోగ్రత, normal temperature

యానకం, medium

రవ్వ, వజ్రం

రవిజని, helium, He

రసాయన అభిక్రియ, chemical action

రసాయన ప్రతిక్రియ, chemical reaction

రసాయన బంధం, chemical bond

రాతి చమురు, crude oil

రేణువు, particle

లోహాలు, metals

వక్రీభవన గుణకం, index of refraction

వర్ణమాల, spectrum

వర్ణమాలా దర్శని, spectroscope

వ్యక్తీకరణం, expression

వాదం, theory

వాకేతం, signal

వికిరణం, radiation

వికీర్ణం, radiation

వికీర్ణ ఉత్తేజితం, radioactivity

వికీర్ణ ఉత్తేజితమైన కర్బనం–14, radioactive Carbon–14

వికీర్ణ నిష్యందం, radiation leak

విద్యుత్ సత్వం, electrical power

విద్యుదయస్కాంత బలం, electromagnetic force.

విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు, electromagnetic waves

విద్యుదయస్కాంత వికీర్ణము, electromagnetic radiation

విశృంఖలమైన, unbounded; free

వ్యూహం, array

వెండి, silver, Ag

వేగం, velocity

శక్తి, energy

శక్తి సాంద్రత, energy density

శాస్త్రీయ పద్ధతి, scientific method

శిలాజ ఇంధనం, fossil fuel

శిలాజని, lithium, Li

సంభావ్యత, probability

సత్వం, strength

సదావరణం, climate

సహజ వాయువు, natural gas

సాంద్రత, density

సాపేక్ష వాదం, Relativity Theory

స్థానం, position

సీసం, lead, Pb

సీసామ్లం ఘటమాలలు, lead-acid batteries

స్థితిజ శక్తి, potential energy

స్థిర నిశ్చలత, stable equilibrium

స్థిర విద్యుత్ బలం, static electric force

స్థిరాంకం , constant

స్ఫురణ ప్రయోగం, thought experiment

సైద్ధాంతిక, theoretical

సౌర కణాలు, solar cells

హరితగృహం, greenhouse

పొద్దు పలకలు, solar panels

హిమనీనదాలు, glaciers

వేమూరి వేంకటేశ్వరరావు తెలుగు పుస్తకాలు

1. English-Telugu & Telugu-English Dictionary & Thesaurus, Asian Educational Services, New Delhi, 2002. ఈ నిఘంటువుని తెలుగు వికీపీడియాలో ఉచితంగా కూడ సంప్రదించవచ్చు. https://te.wikipedia.org/wiki/
2. జీవరహస్యం, ప్రతులు అలభ్యం
3. రసగంధాయ రసాయనం, ప్రతులు అలభ్యం
4. కించిత్ భోగో భవిష్యతి, కినిగె ఇ-పుస్తకం, (వైజ్ఞానిక కథలు)
5. అమెరికా అనుభవాలు, ఎమెస్కో , ప్రతులు అలభ్యం
6. జీవనది: రక్తం కథ, కినిగె ఇ-పుస్తకం.
7. నిత్యజీవితంలో రసాయనశాస్త్రం, కినిగె ఇ-పుస్తకం.
8. విశ్వస్వరూపం, కినిగె ఇ-పుస్తకం.
9. ప్రాణి ఎలా పుట్టింది?, కినిగె ఇ-పుస్తకం.
10. మహాయానం, కినిగె ఇ-పుస్తకం. (వైజ్ఞానిక కల్పనలు)
11. అలనాటి అమెరికా అనుభవాలు, కినిగె ఇ-పుస్తకం.
12. తెలుగులో కొత్త మాటలు, కినిగె ఇ-పుస్తకం.
13. గుళిక రసాయనం (క్వాంటం కెమెస్ట్రీ), కినిగె ఇ-పుస్తకం.
14. రామానుజన్ నుండి ఇటూ, అటూ, కినిగె ఇ-పుస్తకం.
15. ఫెర్మా చివరి సిద్ధాంతం, కినిగె ఇ-పుస్తకం.
16. చుక్కల్లో చంద్రుడు: చంద్రశేఖర్ చరిత్ర, కినిగె ఇ-పుస్తకం.
17. ఒకటి, రెండు, మూడు,..., అనంతం, కినిగె ఇ-పుస్తకం

వేమూరి వేంకటేశ్వరరావు జీవిత సంగ్రహం

భారతదేశంలో తుని, మచిలీపట్నం, కాకినాడలలో విద్యాభ్యాసం. ఉన్నత విద్యకి 1961 లో అమెరికా ప్రయాణం. ప్రస్తుతం యూనివర్సిటీ ఆఫ్ కేలిఫోర్నియా, డేవిస్ కేంద్రంలో విశ్రాంత ఆచార్యులు. నివాసం ప్లెజంటన్, కేలిఫోర్నియాలో. సైన్సు విషయాల మీద కథలు, వ్యాసాలు, పుస్తకాలూ, విశేషంగా తెలుగులో రాసేరు. యూనివర్సిటీ ఆఫ్ కేలిఫోర్నియా, బర్క్లి కేంద్రంలో తెలుగు పీఠం స్థాపించడానికి 2006 నుండి అవిరామంగా కృషి చేయగా ప్రస్తుతానికి పీఠం స్థిరపడింది కానీ ఇంకా బలపడవలసిన అవసరం ఉంది. https://give.berkeley.edu/egiving/index.cfm?fund=FW4022000